



(10) **DE 10 2008 049 200 B4** 2010.11.11

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2008 049 200.0**
(22) Anmeldetag: **26.09.2008**
(43) Offenlegungstag: **08.04.2010**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **11.11.2010**

(51) Int Cl.⁸: **G21K 1/06** (2006.01)
G01T 7/00 (2006.01)
A61B 6/00 (2006.01)
A61B 6/03 (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
**Paul Scherrer Institut, Villigen, CH; Siemens
Aktiengesellschaft, 80333 München, DE**

(74) Vertreter:
derzeit kein Vertreter bestellt

(72) Erfinder:
**Hempel, Eckhard, Dr., 90765 Fürth, DE; Hoheisel,
Martin, Dr., 91056 Erlangen, DE; Popescu, Stefan,
Prof. Dr., 91056 Erlangen, DE; Donath, Tilman, Dr.,
Brugg, CH; David, Christian, Dr., 79787
Lauchringen, DE; Pfeiffer, Franz, Prof. Dr., Brugg,
CH; Matthis, Barbara, 76297 Stutensee, DE**

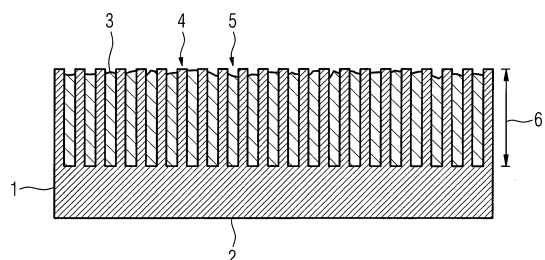
(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE 10 2007 024156 B3
DE 10 2006 037281 A1
DE 10 2006 037254 A1
EP 17 31 099 A1

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Herstellung von röntgenoptischen Gittern, röntgenoptisches Gitter und Röntgen-System**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zur Herstellung von röntgenoptischen Gittern für die Röntgen-Dunkelfeldbildung und für die Röntgen-Phasenkontrastbildung, wobei:

- 1.1. eine röntgenempfindliche Schicht mit einer elektrisch leitenden Deckschicht auf eine Grundplatte aufgebracht wird,
- 1.2. durch ein lithographisches Verfahren eine Gitterstruktur in die röntgenempfindliche Schicht übertragen wird, wobei belichtete und unbelichtete Bereiche entstehen,
- 1.3. die belichteten Bereiche der röntgenempfindlichen Schicht herausgelöst werden, so dass eine Gitterstruktur zurückbleibt,
- 1.4. durch Galvanisierung ein Metall in die Gitterzwischenräume eingebracht wird,
- 1.5. nach Ablösen des röntgenempfindlichen Materials und der Grundplatte ein Negativabdruck eines Gitters aus Metall bestehen bleibt,
- 1.6. mit diesem Negativabdruck ein Gitter aus einem ersten Material hergestellt wird, wobei
- 1.7. dieses Gitter eine Vielzahl von periodisch angeordneten Gitterstegen und Gitterlücken aufweist und
- 1.8. die Gitterlücken durch Galvanisierung mit einem zweiten Material gefüllt werden, dadurch gekennzeichnet, dass
- 1.9. die Galvanisierung so lange fortgeführt wird, bis oberhalb der Gitterstege (4) eine...



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von röntgenoptischen Gittern, röntgenoptisches Gitter und Röntgen-System für die Röntgen-Dunkelfeldbildgebung und für die Röntgen-Phasenkontrastbildgebung, wobei eine röntgenempfindliche Schicht mit einer elektrisch leitenden Deckschicht auf eine Grundplatte aufgebracht wird und durch ein lithographisches Verfahren eine Gitterstruktur in die röntgenempfindliche Schicht übertragen wird, wobei belichtete und unbelichtete Bereiche entstehen, die belichteten Bereiche der röntgenempfindlichen Schicht herausgelöst werden, so dass eine Gitterstruktur zurückbleibt, durch Galvanisierung ein Metall in die Gitterzwischenräume eingebracht wird, und nach Ablösen des röntgenempfindlichen Materials und der Grundplatte ein Negativabdruck eines Gitters aus Metall bestehen bleibt. Mit diesem Negativabdruck wird ein Gitter aus einem ersten Material hergestellt, wobei dieses Gitter eine Vielzahl von periodisch angeordneten Gitterstegen und Gitterlücken aufweist, und die Gitterlücken durch Galvanisierung mit einem zweiten Material gefüllt werden.

[0002] Ähnliche Verfahren zur Herstellung von röntgenoptischen Gittern zur Erzeugung von Röntgen-Dunkelfeldaufnahmen und Röntgen-Phasenkontrastaufnahmen sind allgemein bekannt. Bezüglich des Oberbegriffes der unabhängigen Patentansprüche wird beispielhaft auf die deutschen Offenlegungsschriften DE 10 2006 037 281 A1, DE 10 2006 037 254 A1, die deutsche Patentschrift DE 10 2007 024 156 B3 und die europäische Patentanmeldung EP 1 731 099 A1 verwiesen. Unter einem röntgenoptischen Gitter wird im Rahmen dieser Erfindung ein Gitter verstanden, welches im Bezug auf Röntgenstrahlung gewisse Absorptionseigenschaften aufweist.

[0003] An diese röntgenoptischen Gitter werden technologisch hohe Anforderungen bezüglich der Genauigkeit ihrer Höhe der absorbierenden Strukturen, des Aspektverhältnisses und der mechanischen Stabilität gestellt. Solche Gitter werden meist nach dem so genannten LIGA-Verfahren (Röntgen-Lithographie, Galvanik, Abformung) hergestellt. Dabei entsteht zuerst in einem röntgenstrahlempfindlichen Material durch teilweises Bestrahlen mit zum Beispiel paralleler Synchrotronstrahlung eine Gitterstruktur, in welche durch galvanisches Abscheiden ein Metall eingebracht wird. Dieses Metall stellt nach dem Ablösen des röntgenstrahlempfindlichen Materials einen Negativabdruck eines Gitters dar, mit dessen Hilfe ein Gitter aus einem Material mit niedrigem Absorptionskoeffizient hergestellt wird. Zur Verbesserung der Absorptionseigenschaften dieses Gitters werden die Gitterlücken mit einem anderen Material, welches einen höheren Absorptionskoeffizient aufweist, durch Galvanisierung aufgefüllt.

[0004] Bei den nach dem LIGA-Verfahren hergestellten röntgenoptischen Gittern, insbesondere bei Absorptionsgittern mit hohem Aspektverhältnis, beeinflussen eine Vielzahl von Parametern, zum Beispiel die Oberflächenrauigkeit oder die so genannte Badtemperatur, den Abscheidungsprozess des zweiten Materials bei der Galvanisierung und führen zu unterschiedlichen Wachstumshöhen innerhalb der Gitterlücken. Die Höhen der Befüllung zwischen den einzelnen Gitterstegen können teilweise um bis zu 10–20% variieren. Diese Varianzen führen in der Röntgen-Dunkelfeldbildgebung und in der Röntgen-Phasenkontrastbildgebung zu einer Verschlechterung des Messsignals, da hierdurch die Streifen erzeugter hoher und niedriger Emission unterschiedlich hohe Minima beziehungsweise Maxima liefern, worunter schließlich die Aufnahmequalität leidet.

[0005] Es ist daher Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zur Herstellung von röntgenoptischen Gittern für die Röntgen-Dunkelfeldbildgebung und für die Röntgen-Phasenkontrastbildgebung und ein röntgenoptisches Gitter selbst zu beschreiben, welches ein hinsichtlich der Höhe der Befüllung gleichmäßiges Befüllen der Gitterlücken eines Gitters ermöglicht, so dass letztendlich die Qualität des Messsignals erhalten bleibt.

[0006] Diese Aufgabe wird durch die Merkmale der unabhängigen Patentansprüche gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand untergeordneter Ansprüche.

[0007] Die Erfinder haben erkannt, dass es möglich ist, den Prozess der Galvanisierung zum Auffüllen der Gitterlücken mit einem Material mit hohem Absorptionskoeffizient so auszulegen, dass die Gitterstrukturen bewusst übergalvanisiert werden, wodurch über die gesamte Gitterfläche alle Gitterlücken in ihrer vollständigen Höhe mit einem hochabsorbierenden Material befüllt werden und zusätzlich oberhalb der Gitterstege eine in sich geschlossene und einheitliche, vor allem einheitlich hohe, Schicht dieses Füllmaterials entsteht. Vorteilhaft ist dabei zusätzlich, dass als positiver Nebeneffekt eine verbesserte mechanische Stabilität der Gitter aufgrund des zusätzlichen Zusammenhaltes der im Galvanisierungsprozess aufgefüllten Gitterlücken erreicht wird.

[0008] Entsprechend diesem Grundgedanken schlagen die Erfinder vor, das an sich bekannte Verfahren zur Herstellung von röntgenoptischen Gittern für die Röntgen-Dunkelfeldbildgebung und für die Röntgen-Phasenkontrastbildgebung, wobei eine röntgenempfindliche Schicht mit einer elektrisch leitenden Deckschicht auf eine Grundplatte aufgebracht wird und durch ein lithographisches Verfahren eine Gitterstruktur in die röntgenempfindliche Schicht übertragen wird, wobei belichtete und unbelichtete Bereiche entstehen, die belichteten Bereiche der

röntgenempfindlichen Schicht herausgelöst werden, so dass eine Gitterstruktur zurückbleibt, durch Galvanisierung ein Metall in die Gitterzwischenräume eingebracht wird und nach Ablösen des röntgenempfindlichen Materials und der Grundplatte ein Negativabdruck eines Gitters aus Metall bestehen bleibt. Mit diesem Negativabdruck wird ein Gitter aus einem ersten Material hergestellt, wobei dieses Gitter eine Vielzahl von periodisch angeordneten Gitterstegen und Gitterlücken aufweist, und die Gitterlücken durch Galvanisierung mit einem zweiten Material gefüllt werden, dahingehend zu verbessern, dass die Galvanisierung so lange fortgeführt wird bis oberhalb der Gitterstege eine in sich geschlossene Schicht aus dem zweiten Material entsteht.

[0009] Hinsichtlich der Absorptionseigenschaften des Gitters ist es vorteilhaft, wenn der Röntgenabsorptionskoeffizient des ersten Materials niedriger ist als der Röntgenabsorptionskoeffizient des zweiten Materials. Unterschiedliche Absorptionskoeffizienten in einem röntgenoptischen Gitter sind eine Grundvoraussetzung für die Wirkung eines solchen Gitters, da beim Durchstrahlen eines solchen Gitters mit Röntgenstrahlung unterschieden werden soll zwischen Strahlung, die das erste Material durchlaufen hat, und Strahlung, die das zweite Material durchlaufen hat.

[0010] In einer vorteilhaften Variante der Erfindung wird die übergalvanisierte Schicht zum Beispiel durch Polieren auf eine einheitliche Höhe gebracht. Zwar kann die im Vergleich zu den Primärstrukturen – Gitterstege und Gitterlücken – sehr dünne Schicht hinsichtlich ihrer Absorptionseigenschaften nahezu vernachlässigt werden, allerdings ergibt sich so für das beschichtete Gitter ein exakt einheitlicher dickenabhängiger Absorptionswert, wodurch die Absorptionseigenschaften bei einer über die gesamte Fläche der Schicht einheitlichen Höhe reproduzierbar werden. Dies ist besonders dann hilfreich, wenn viele dieser Gitter, circa 50 bis 100, zusammen auf einem CT-Detektor angebracht werden und gemeinsam die Messsignale detektieren. Vorteilhafterweise beträgt dabei die Schichtdicke mindestens 5 µm, vorzugsweise mindestens 10 µm.

[0011] Ein weiterer positiver Nebeneffekt der Schicht besteht in der erhöhten mechanischen Belastbarkeit. Dies ist besonders vorteilhaft, wenn die Gitter in einem Detektor verwendet werden. Bei CT-Geräten der 3. Generation mit rotierendem Detektor entstehen Fliehkräfte zwischen 20 und 40 g, denen die Gitter ausgesetzt sind und eine starke mechanische Stabilität voraussetzen.

[0012] Die Verwendung eines Kunststoffes als erstes Material, vorzugsweise Polymethylmethacrylat, kurz PMMA, oder eines Epoxydharzes, hat sich als vorteilhaft erwiesen. Diese Materialien weisen einen

gewünschten niedrigen Röntgenabsorptionskoeffizient und sind in ihrer Verarbeitung einfach zu handhaben. Des Weiteren ist vor allem das Epoxydharz sehr röntgenstrahlungsempfindlich.

[0013] Des Weiteren ist es vorteilhaft als zweites Material ein Metall zu verwenden, vorzugsweise Gold oder Nickel. Metalle eignen sich gut für die galvanische Verarbeitung und besitzen einen relativ hohen Röntgenabsorptionskoeffizienten. Besonders für die Verwendung von Gold bestehen in mikrosystemtechnischen Fertigungsprozessen gute Kenntnisse.

[0014] Das beschriebene Verfahren eignet sich insbesondere für Gitter mit hohem Aspektverhältnis. Dabei ist ein Aspektverhältnis von mindestens 50 besonders vorteilhaft. Das Aspektverhältnis berechnet sich aus dem Verhältnis der Höhe des Gitters zur Periode des Gitters, wobei mit Gitterhöhe die Höhe der Gitterlücken und -stege beschrieben ist und eine Periode der gemeinsamen Breite eines Gittersteiges und einer Gitterlücke entspricht. Ein hohes Aspektverhältnis wird vor allem durch eine möglichst große Höhe des Gitters versucht zu erreichen und beeinflusst die Absorption der das Gitter durchlaufenden Röntgenstrahlung, da diese abhängig von der Schichtdicke ist. Bei gegebener Gitterperiode ergibt ein hohes Aspektverhältnis starke Unterschiede zwischen den Absorptionsmaxima- und -minima, so dass hinter dem Gitter die gewünscht großen Unterschiede in der Intensität der dort austretenden Röntgenstrahlung entstehen.

[0015] Vorteilhafterweise betrifft das erfindungsgemäße Verfahren röntgenoptische Gitter, welche aus zwei verschiedenen Materialien aufgebaut sind, wobei das erste Material parallel angeordnete Gitterstege ausbildet, welche an einem Ende der Gitterstege durch eine ebene Trägerschicht aus dem ersten Material miteinander verbunden sind, und zwischen den Gitterstegen Gitterlücken bestehen. Des Weiteren bildet das zweite Material vorteilhafterweise ebenfalls Gitterstege aus, welche in den Gitterlücken des ersten Materials angeordnet sind, und durch eine Deckschicht aus dem zweiten Material auf der der Trägerschicht abgewandten Seite des Gitters miteinander verbunden sind. Die Anordnung der Gitterstege erfolgt vorzugsweise so, dass die Gitterstege des zweiten Materials exakt in die Gitterlücken des ersten Materials eingepasst sind und die Gitterstege des ersten Materials exakt in die Gitterlücken des zweiten Materials eingepasst sind.

[0016] Hierbei ist es vorteilhaft, das röntgenoptische Gitter gemäß dem oben beschriebenen Verfahren herzustellen, sprich eine röntgenempfindliche Schicht mit einer elektrisch leitenden Deckschicht auf eine Grundplatte aufzubringen, danach durch ein lithographisches Verfahren eine Gitterstruktur in die röntgenempfindliche Schicht zu übertragen, wobei

belichtete und unbelichtete Bereiche entstehen und die belichteten Bereiche der röntgenempfindlichen Schicht herausgelöst werden, so dass eine Gitterstruktur zurückbleibt. Anschließend kann durch Galvanisierung ein Metall in die Gitterzwischenräume eingebracht werden, so dass nach Ablösen des röntgenempfindlichen Materials und der Grundplatte ein Negativabdruck eines Gitters aus Metall bestehen bleibt und mit diesem Negativabdruck ein Gitter aus einem ersten Material hergestellt werden kann.

[0017] In einer vorteilhaften Ausführung eines Röntgensystems mit einem Strahler/Detektor-System für die projektive oder tomographische Röntgen-Dunkelfeldbildung und/oder Röntgen-Phasenkontrastbildung ist mindestens eins der dort verwendeten Gitter nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellt.

[0018] Im Folgenden wird die Erfindung anhand der Figuren näher beschrieben, wobei darauf hingewiesen wird, dass nur die für das unmittelbare Verständnis der Erfindung wesentlichen Elemente gezeigt sind. Hierbei werden folgende Bezugszeichen verwendet: **1**: Gitter; **2**: Erstes Material; **3**: Zweites Material; **4**: Gittersteg; **5**: Gitterlücke; **6**: Höhe des Gitters; **7**: Höhe der Schicht; **D**: Detektor; **F**: Fokus; **G0**: Absorptionsgitter; **G1**: Phasengitter; **G2**: Analysegitter; **P**: Probe; **S**: Systemachse.

[0019] Es zeigen im Einzelnen:

[0020] [Fig. 1](#) Gitter mit Befüllung in den Gitterlücken,

[0021] [Fig. 2](#) Gitter mit Schicht und

[0022] [Fig. 3](#) Längsschnitt durch ein Fokus-Detektor-System mit Darstellung von Absorptionsgitter, Phasengitter und Analysegitter und deren Gitterstruktur.

[0023] Die [Fig. 1](#) zeigt ein röntgenoptisches Gitter **1**, welches nach dem LIGA-Verfahren hergestellt wurde. Hierbei wird eine röntgenstrahlempfindliche Schicht – meist handelt es sich um einen Kunststoff wie Polymethylmethacrylat, kurz PMMA – auf eine Grundplatte aufgebracht. Anschließend wird eine Gitterstruktur durch lithographische Bestrahlung mit zum Beispiel paralleler Synchrotronstrahlung übertragen. Hierbei entstehen belichtete und unbelichtete Bereiche, wobei die belichteten Bereiche anschließend heraus gelöst werden. Im nächsten Schritt wird durch Galvanisierung ein Metall in die Gitterlücken eingefüllt. Dabei wird in einem elektrolytischen Bad eine Spannung zwischen dem Gitter und einer Anode aus dem zu galvanisierenden Metall angelegt. Durch Elektrolyse lösen sich Metallionen aus der Anode und lagern sich durch Reduktion an der Kathode, also dem Gitter, ab. Dies wird solange fortgeführt bis

ein vollständiger Negativabdruck eines Gitters entstanden ist. Mit Hilfe dieses Negativabdrucks wird das Gitter **1** mit periodisch angeordneten Gitterstegen **4** und Gitterlücken **5** aus einem ersten Material **2** hergestellt.

[0024] In den Gitterlücken **5** des Gitters **1** ist ein zweites Material **3** zu sehen. Dieses Material wird ebenfalls durch Galvanisierung eingebracht. Durch diese Technik können extrem kleine Strukturen mit einem Material befüllt werden. Die Abscheidung beziehungsweise Anlagerung der Metallionen hängt dabei von mehreren Parametern ab, wie zum Beispiel die Badtemperatur und die Oberflächenrauigkeit des Gittermaterials. Nachteilig ist bei diesem bekannten Verfahren, dass dadurch die Höhe des galvanisierten Materials um 10% bis 15% der Gesamthöhe variieren kann. Diese Varianzen in der Höhe des zweiten Materials **3** sind auch in dem hier gezeigten Beispiel zu sehen, das heißt die Oberfläche des zweiten Materials **3** in den Gitterlücken **5** entspricht nicht immer der Höhe **6** der Oberfläche des Gitters **1**. Wird ein solches Gitter als Quellgitter in einem Talbot-Interferometer eingesetzt, so entstehen durch die unterschiedlichen Höhen des zweiten Materials in ungünstiger Weise auch entsprechende Unterschiede in den durch das Gitter gebildeten Absorptionsmaxima und -minima der durchtretenden Röntgenstrahlung, wodurch letztendlich ungünstige Interferenzbedingungen und damit unpräzise Messsignale erzeugt werden.

[0025] In der [Fig. 2](#) ist ein Gitter **1** gemäß [Fig. 1](#) mit erfindungsgemäß aufgefüllten Gitterlücken **5** zu sehen, wobei oberhalb der Gitterstege **4** eine durchgängige Schicht des Füllmaterials **3** aufgebracht ist. Dazu wird die Galvanisierung so lange durchgeführt bis erst die Gitterlücken gefüllt sind und anschließend die Schicht entsteht. Grundsätzlich wird alleine durch dieses Überfüllen der Gitterlücken eine starke Vergleichmäßigung des auffüllenden Materials erreicht. Zusätzlich kann erfindungsgemäß diese Schicht durch Polieren auf eine weiter gleichmäßigte Höhe **7** gebracht werden. Die Höhe **7** der Schicht des zweiten Materials ist dabei wesentlich geringer als die Höhe **6** des Gitters **1**. Dadurch kann die Schicht bezüglich ihrer Absorptionseigenschaften vernachlässigt werden. Die geringe und über die gesamte Fläche des Gitters **1** gleichmäßige Höhe **7** ist von Vorteil, wenn viele Gitter – z. B. circa 50 bis 100 – zusammen in einem Detektor eines CT-Systems angebracht werden.

[0026] Durch das beschriebene Verfahren wird also erstmals eine über die gesamte Gitterfläche einheitliche Höhe der absorbierenden Strukturen, vorzugsweise Gold-Strukturen, erreicht. Die so gewonnene Reproduzierbarkeit der Absorptionseigenschaften der Gitter ist besonders dann hilfreich, wenn viele dieser Gitter, z. B. ca. 50–100, zusammen auf einem

CT-Detektor angebracht werden und gemeinsam die Messsignale generieren. Des Weiteren wird die mechanische Belastbarkeit des Gitters maßgeblich erhöht. Im Falle des Einbaus der Gitter in eine CT-Gantry werden die Gitter während der Beschleunigung der CT-Gantry starken Beschleunigungskräften ausgesetzt (ca. 20–40 g), was zur Zerstörung der Gitterstrukturen führen kann. Die beschriebene Übergalvanisierung führt zu einer Erhöhung der mechanischen Stabilität der Gitterstege und somit des gesamten Gitterverbundes.

[0027] Die [Fig. 3](#) zeigt beispielhaft ein Röntgen-CT-System mit einem Strahler/Detektor-System zur projektiven oder tomographischen Röntgen-Dunkelfeldbildgebung und/oder Röntgen-Phasenkontrastbildgebung eine schematische 3D-Darstellung eines Strahler/Detektor-Systems eines CTs. Die hier verwendeten Gitter bestehen aus dem Quellgitter G0 zur Erzeugung eines Bündels quasikohärenter Strahlen, dem Phasengitter G1 zur Beugung der Strahlen des Strahlenbündels und Erzeugung von Interferenzen und dem Analysegitter G2 unmittelbar vor dem Detektor D zur Bestimmung von Phasenverschiebungen und Streuanteil. Im Strahlengang angeordnet ist eine Probe P als Untersuchungsobjekt. Der Fokus F und der Detektor D sind auf einer hier nicht näher dargestellten Gantry angeordnet und bewegen sich kreisförmig um die strichpunktiert dargestellte Systemachse S. Erfindungsgemäß ist zumindest eines der Gitter G0, G1 oder G3, vorzugsweise zumindest das als Absorptionsgitter ausgebildete Quellgitter G0, durch das oben beschriebene Verfahren hergestellt. Hierdurch wird ein weitgehend homogenes Feld quasikohärenter Strahlung erzeugt, so dass die Interferenzen, die durch das Phasengitter G1 erzeugt werden, messtechnisch optimal erfassbar sind.

[0028] Insgesamt wird mit der Erfindung also eine Verbesserung eines Verfahrens zur Herstellung von röntgenoptischen Gittern, röntgenoptisches Gitter und Röntgen-System, wobei diese Gitter, bestehend aus einem ersten Material, eine Vielzahl von periodisch angeordneten Gitterstegen und Gitterlücken aufweisen, und die Gitterlücken durch Galvanisierung mit einem zweiten Material gefüllt werden, vorgeschlagen. Dabei wird erfindungsgemäß die Galvanisierung so lange fortgeführt bis oberhalb der Gitterstege eine in sich geschlossene Schicht des zweiten Materials mit gleichmäßiger Höhe entsteht. Durch diese Schicht mit einem großen Absorptionskoeffizient werden die Absorptionseigenschaften der Gitterstruktur des Gitters vergleichmäßig, wodurch eine Verbesserung der damit erzeugten Messsignal bewirkt wird. Außerdem verbessert sich die mechanische Stabilität derart hergestellter Gitter.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von röntgenoptischen Gittern für die Röntgen-Dunkelfeldbildgebung und für die Röntgen-Phasenkontrastbildgebung, wobei:

- 1.1. eine röntgenempfindliche Schicht mit einer elektrisch leitenden Deckschicht auf eine Grundplatte aufgebracht wird,
- 1.2. durch ein lithographisches Verfahren eine Gitterstruktur in die röntgenempfindliche Schicht übertragen wird, wobei belichtete und unbelichtete Bereiche entstehen,
- 1.3. die belichteten Bereiche der röntgenempfindlichen Schicht herausgelöst werden, so dass eine Gitterstruktur zurückbleibt,
- 1.4. durch Galvanisierung ein Metall in die Gitterzwischenräume eingebracht wird,
- 1.5. nach Ablösen des röntgenempfindlichen Materials und der Grundplatte ein Negativabdruck eines Gitters aus Metall bestehen bleibt,
- 1.6. mit diesem Negativabdruck ein Gitter aus einem ersten Material hergestellt wird, wobei
- 1.7. dieses Gitter eine Vielzahl von periodisch angeordneten Gitterstegen und Gitterlücken aufweist und
- 1.8. die Gitterlücken durch Galvanisierung mit einem zweiten Material gefüllt werden, dadurch gekennzeichnet, dass
- 1.9. die Galvanisierung so lange fortgeführt wird, bis oberhalb der Gitterstege (4) eine in sich geschlossene Schicht aus dem zweiten Material (3) entsteht.

2. Verfahren gemäß dem voranstehenden Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Röntgenabsorptionskoeffizient des ersten Materials (2) niedriger ist als der Röntgenabsorptionskoeffizient des zweiten Materials (3).

3. Verfahren gemäß einem der voranstehenden Patentansprüche 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Schicht aus dem zweiten Material (2) durch Polieren auf eine einheitliche Höhe (7) gebracht wird.

4. Verfahren gemäß einem der voranstehenden Patentansprüche 1 und 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Schichtdicke (7) des zweiten Materials (3) mindestens 5 µm beträgt.

5. Verfahren gemäß einem der voranstehenden Patentansprüche 1 und 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Schichtdicke (7) des zweiten Materials (3) mindestens 10 µm beträgt.

6. Verfahren gemäß einem der voranstehenden Patentansprüche 1 und 5, dadurch gekennzeichnet, dass als erstes Material (2) ein Kunststoff verwendet wird.

7. Verfahren gemäß dem voranstehenden Patentanspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass als ers-

tes Material (2) Polymethylmethacrylat (PMMA) verwendet wird.

nach Anspruch 13 oder 14 ausgeführt ist.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

8. Verfahren gemäß einem der voranstehenden Patentansprüche 1 und 5, dadurch gekennzeichnet, dass als erstes Material (2) ein Epoxydharz verwendet wird.

9. Verfahren gemäß einem der voranstehenden Patentansprüche 1 und 5, dadurch gekennzeichnet, dass als zweites Material (3) ein Metall verwendet wird.

10. Verfahren gemäß dem voranstehenden Patentanspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass als zweites Material (3) Gold verwendet wird.

11. Verfahren gemäß dem voranstehenden Patentanspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass als zweites Material (3) Nickel verwendet wird.

12. Verfahren gemäß einem der voranstehenden Patentansprüche 1 und 11, dadurch gekennzeichnet, dass das Gitter (1) mit einem Aspektverhältnis von mindestens 50 hergestellt wird.

13. Röntgenoptisches Gitter aufgebaut aus:

13.1. einem ersten und einem zweiten Material (2, 3), wobei

13.2. das erste Material (2) parallel angeordnete Gitterstege (4) ausbildet, welche an einem Ende der Gitterstege (4) durch eine ebene Trägerschicht aus dem ersten Material (2) miteinander verbunden sind, und zwischen den Gitterstegen (4) Gitterlücken (5) bestehen,

13.3. das zweite Material (3) ebenfalls Gitterstege (4) ausbildet, welche in den Gitterlücken (5) des ersten Materials (2) angeordnet sind, wobei

13.4. die Gitterstege (4) des zweiten Materials (3) durch eine ebene Deckschicht auf der der Trägerschicht abgewandten Seite des Gitters (1) verbunden sind, und

13.5. die Gitterstege (4) des ersten Materials (2) in die Gitterlücken (5) des zweiten Materials (3) eingepasst sind und die Gitterstege (4) des zweiten Materials (3) in die Gitterlücken (5) des ersten Materials (2) eingepasst sind.

14. Röntgenoptisches Gitter gemäß dem voranstehenden Patentanspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass das Gitter (1) gemäß einem der voranstehenden Verfahrensansprüche 1 bis 12 hergestellt wird.

15. Röntgensystem mit einem Strahler/Detektor-System für die projektive oder tomographische Röntgen-Dunkelfeldbildgebung und/oder Röntgen-Phasenkontrastbildgebung, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eines der dort angeordneten röntgenoptischen Gitter (1) gemäß dem Gitter (1)

FIG 1

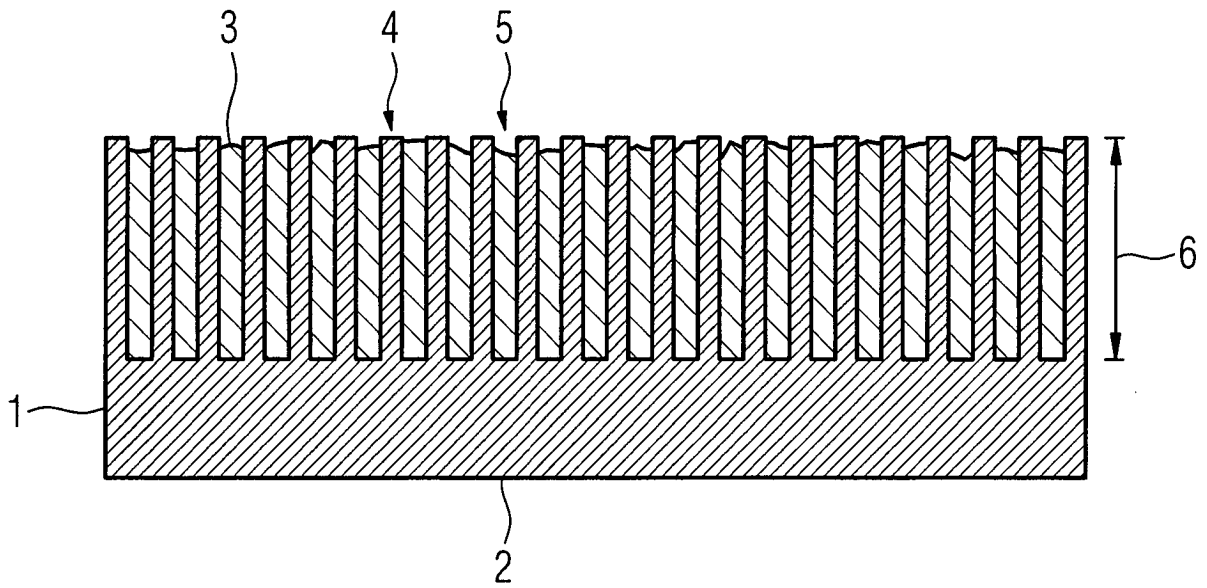


FIG 2

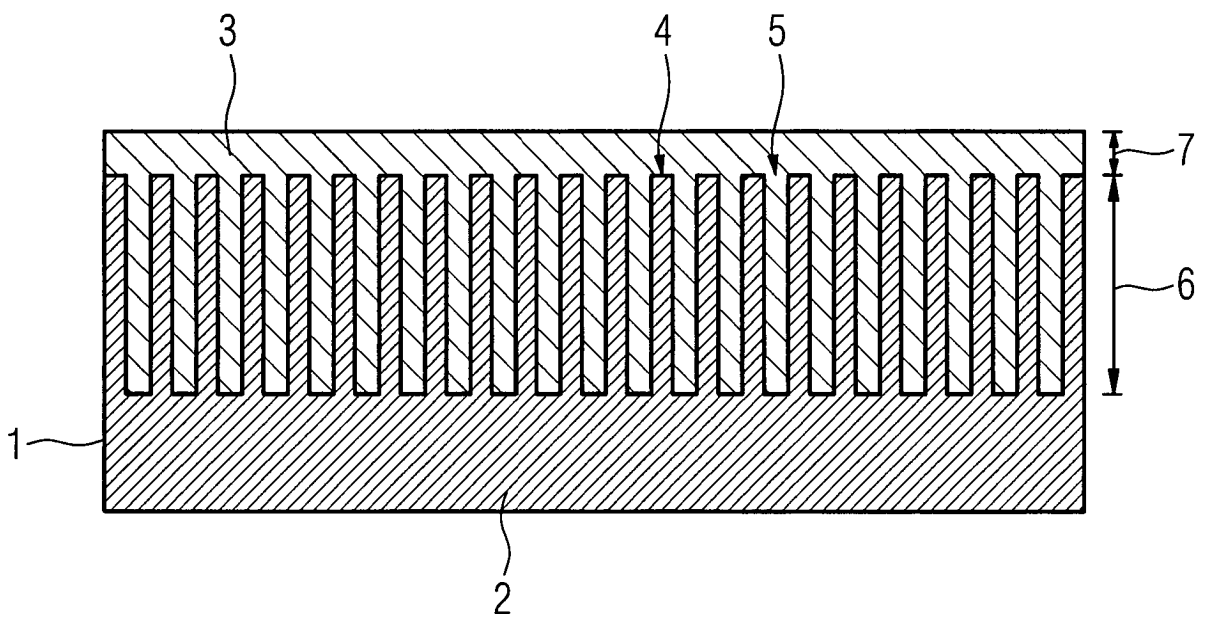


FIG 3

