



(19)  
**Bundesrepublik Deutschland**  
**Deutsches Patent- und Markenamt**

(10) **DE 10 2004 027 158 B4 2010.07.15**

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2004 027 158.5**

(22) Anmeldetag: **03.06.2004**

(43) Offenlegungstag: **29.12.2005**

(45) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung: **15.07.2010**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **G21K 1/02 (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:

**Siemens AG, 80333 München, DE**

(72) Erfinder:

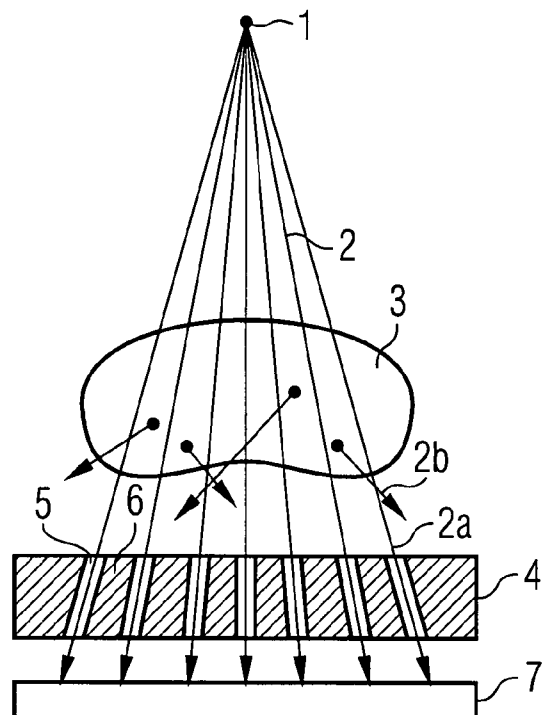
**Freund, Andreas, 91336 Heroldsbach, DE;**  
**Heismann, Björn, Dr., 91052 Erlangen, DE; Märkl,**  
**Harald, 91466 Gerhardschhofen, DE; Schäfer, Martin,**  
**10557 Berlin, DE; Haar, Thomas von der, Dr., 90482**  
**Nürnberg, DE**

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

<b>DE</b>	<b>199 47 537</b>	<b>A1</b>
<b>DE</b>	<b>101 51 568</b>	<b>A1</b>
<b>DE</b>	<b>101 51 562</b>	<b>A1</b>
<b>US</b>	<b>58 14 235</b>	<b>A</b>

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Herstellung eines Streustrahlenrasters oder Kollimators aus absorbierendem Material**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zur Herstellung eines Streustrahlenrasters oder Kollimators (4) für Röntgenstrahlung, der aus zumindest einem Grundkörper (6) vorgegebbarer Geometrie mit Durchgangskanälen oder Durchgangsschlitzten (5) für Primärstrahlung der Strahlungsart gebildet ist, die sich zwischen zwei gegenüberliegenden Oberflächen des Grundkörpers (6) erstrecken, wobei der Grundkörper (6) aus einem die Strahlungsart stark absorbierenden Aufbaumaterial in Spritzgusstechnik oder mittels der Technik der Stereolithographie gebildet wird, dadurch gekennzeichnet, dass als Aufbaumaterial ein mit Wolframpulver, hochabsorbierendem Keramikpulver oder mit Gadoliniumoxysulfid verfülltes Kunststoffmaterial eingesetzt wird.



## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Streustrahlenrasters oder Kollimators für eine Strahlungsart, die aus zumindest einem Grundkörper vorgebarter Geometrie mit Durchgangskanälen oder Durchgangsschlitzen für Primärstrahlung der Strahlungsart gebildet ist, die sich zwischen zwei gegenüberliegenden Oberflächen des Grundkörpers erstrecken.

**[0002]** In der Röntgenbildtechnik werden heutzutage hohe Anforderungen an die Bildqualität der Röntgenaufnahmen gestellt. Bei derartigen Aufnahmen, wie sie insbesondere in der medizinischen Röntgendiagnostik durchgeführt werden, wird ein zu untersuchendes Objekt von Röntgenstrahlung einer annähernd punktförmigen Röntgenquelle durchleuchtet und die Schwächungsverteilung der Röntgenstrahlung auf der der Röntgenquelle gegenüberliegenden Seite des Objektes zweidimensional erfasst. Auch eine zeilenweise Erfassung der durch das Objekt geschwächten Röntgenstrahlung kann bspw. in Computertomographie-Anlagen vorgenommen werden. Als Röntgendetektoren kommen neben Röntgenfilmen und Gasdetektoren zunehmend Festkörperdetektoren zum Einsatz, die in der Regel eine matrixförmige Anordnung optoelektronischer Halbleiterbauelemente als lichtelektrische Empfänger aufweisen. Jeder Bildpunkt der Röntgenaufnahme sollte idealerweise die Schwächung der Röntgenstrahlung durch das Objekt auf einer geradlinigen Achse von der punktförmigen Röntgenquelle zu den dem Bildpunkt entsprechenden Ort der Detektorfläche entsprechen. Röntgenstrahlen, die von der punktförmigen Röntgenquelle auf dieser Achse geradlinig auf den Röntgendetektor auftreffen werden als Primärstrahlen bezeichnet.

**[0003]** Die von der Röntgenquelle ausgehende Röntgenstrahlung wird im Objekt jedoch aufgrund unvermeidlicher Wechselwirkungen gestreut, so dass neben den Primärstrahlen auch Streustrahlen, sog. Sekundärstrahlen, auf den Detektor auftreffen. Diese Streustrahlen, die in Abhängigkeit von Eigenschaften des Objektes bei diagnostischen Bildern bis über 90% der gesamten Signal-Aussteuerung eines Röntgendetektors verursachen können, stellen eine zusätzliche Rauschquelle dar und verringern daher die Erkennbarkeit feiner Kontrastunterschiede. Dieser wesentliche Nachteil der Streustrahlung ist dadurch begründet, dass aufgrund der Quanteneigenschaft der Streustrahlung ein signifikanter zusätzlicher Rauschanteil in der Bildaufnahme verursacht wird.

**[0004]** Zur Verringerung der auf die Detektoren auftreffenden Streustrahlungsanteile werden daher zwischen dem Objekt und dem Detektor sog. Streustrahlenraster eingesetzt. Streustrahlenraster bestehen

aus regelmäßig angeordneten, die Röntgenstrahlung absorbierenden Strukturen, zwischen denen Durchgangskanäle oder Durchgangsschlitze für den möglichst ungeschwächten Durchgang der Primärstrahlung ausgebildet sind. Diese Durchgangskanäle bzw. Durchgangsschlitze sind bei fokussierten Streustrahlenrastern entsprechend dem Abstand zur punktförmigen Röntgenquelle, d. h. dem Abstand zum Fokus der Röntgenröhre, auf den Fokus hin ausgerichtet. Bei nicht fokussierten Streustrahlenrastern sind die Durchgangskanäle bzw. Durchgangsschlitze über die gesamte Fläche des Streustrahlenrasters senkrecht zu dessen Oberfläche ausgerichtet. Dies führt jedoch zu einem merklichen Verlust an Primärstrahlung an den Rändern der Bildaufnahme, da an diesen Stellen ein größerer Teil der einfallenden Primärstrahlung auf die absorbierenden Bereiche des Streustrahlenrasters trifft.

**[0005]** Zur Erzielung einer hohen Bildqualität werden sehr hohe Anforderungen an die Eigenschaften von Röntgen-Streustrahlenrastern gestellt. Die Streustrahlen sollen einerseits möglichst gut absorbiert werden, während andererseits ein möglichst hoher Anteil an Primärstrahlung ungeschwächt durch den Streustrahlenraster hindurchtreten soll. Eine Verminderung des auf die Detektorfläche auftreffenden Streustrahlenanteils lässt sich durch ein großes Verhältnis der Höhe des Streustrahlenrasters zur Dicke bzw. dem Durchmesser der Durchgangskanäle oder Durchgangsschlitze, d. h. durch ein hohes Schachtverhältnis, erreichen. Wegen der Dicke der zwischen den Durchgangskanälen oder Durchgangsschlitzen liegenden absorbierenden Struktur- oder Wandelemente kann es jedoch zu Bildstörungen durch Absorption eines Teils der Primärstrahlung kommen. Gerade beim Einsatz von Festkörperdetektoren führen Inhomogenitäten der Raster, d. h. Abweichungen der absorbierenden Bereiche von ihrer Ideallage, zu Bildstörungen durch eine Abbildung der Raster im Röntgenbild. Zum Beispiel besteht bei matrixförmig angeordneten Detektorelementen die Gefahr, dass die Projektion der Strukturen von Detektorelementen und Streustrahlenraster miteinander interferieren. Dadurch können störende Moiré-Erscheinungen auftreten.

**[0006]** Ein besonderer Nachteil bei allen bekannten Streustrahlenrastern besteht darin, dass die absorbierenden Strukturelemente nicht beliebig dünn und präzise gefertigt werden können, so dass in jedem Falle ein signifikanter Teil der Primärstrahlung durch diese Strukturelemente weggenommen wird.

**[0007]** Die gleiche Problematik stellt sich in der Nuklearmedizin, insbesondere bei der Anwendung von Gamma-Kameras, wie bspw. Anger-Kameras. Auch bei dieser Aufnahmetechnik muss ähnlich wie in der Röntgendiagnostik darauf geachtet werden, dass möglichst wenig gestreute Gammaquanten den De-

tektor erreichen. Im Gegensatz zur Röntgendiagnostik befindet sich bei der Nukleardiagnostik die Strahlungsquelle für die Gamma-Quanten im Inneren des Objektes. Dem Patienten wird hierbei ein mit bestimmten, instabilen Nukliden markiertes Stoffwechselfärbepreparat injiziert, das sich dann organspezifisch anreichert. Durch den Nachweis der entsprechend aus dem Körper emittierten Zerfallsquanten wird dann ein Abbild des Organs erhalten. Der zeitliche Verlauf der Aktivität im Organ lässt Rückschlüsse auf dessen Funktion zu. Für den Erhalt eines Bildes des Körperinneren muss vor dem Gamma-Detektor ein Kollimator eingesetzt werden, der die Projektionsrichtung des Bildes festlegt. Ein derartiger Kollimator entspricht von der Funktionsweise und vom Aufbau her dem Streustrahlenraster in der Röntgendiagnostik. Nur die durch die Vorzugsrichtung des Kollimators bestimmten Gamma-Quanten können den Kollimator passieren, schräg dazu einfallende Quanten werden in den Kollimatorwänden absorbiert. Aufgrund der höheren Energie der Gamma-Quanten im Vergleich zu Röntgenquanten müssen Kollimatoren um ein Vielfaches höher ausgeführt werden als Streustrahlenraster für Röntgenstrahlung.

**[0008]** So können gestreute Quanten während der Bildaufnahme ausselektiert werden, indem nur Quanten einer bestimmten Energie im Bild berücksichtigt werden. Allerdings bedingt jedes detektierte Streuquant eine Totzeit der Gamma-Kamera von bspw. einer Mikrosekunde, während der keine weiteren Ereignisse registrierbar sind. Wenn daher kurz nach der Registrierung eines Streuquants ein Primärquant eintrifft, kann es nicht registriert werden und geht für das Bild verloren. Auch wenn ein Streuquant zeitlich – innerhalb gewisser Grenzen – mit einem Primärquant koinzidiert, tritt ein ähnlicher Effekt auf. Da die Auswerteelektronik dann beide Ereignisse nicht mehr trennen kann, wird eine zu hohe Energie ermittelt und das Ereignis wird nicht registriert. Die beiden angeführten Fälle erklären, dass eine hoch wirksame Streustrahlen-Unterdrückung auch in der Nukleardiagnostik zu einer verbesserten Quanteneffizienz führt. Letztlich wird dadurch eine verbesserte Bildqualität bei gleicher Dosierung des applizierten Radio-Nuklids erreicht oder bei gleicher Bildqualität eine geringere Radio-Nuklid-Dosis ermöglicht, so dass die Strahlenexposition des Patienten gesenkt und kürzere Bildaufnahmezeiten erreicht werden können.

**[0009]** Für die Herstellung von Streustrahlenrastern für Röntgenstrahlung und Kollimatoren für Gammastrahlung gibt es derzeit verschiedene Techniken. So sind bspw. lamellenartige Streustrahlenraster bekannt, die aus Blei- und Papier-Streifen gelegt werden. Die Bleistreifen dienen der Absorption der Sekundärstrahlung, während die zwischen den Bleistreifen liegenden Papierstreifen die Durchgangsschlitze für die Primärstrahlung bilden. Die limitierte Präzision bei der Herstellung derartiger Streustrahlenras-

ter sowie die nicht weiter verringerbare Dicke der Bleilamellen führen jedoch auf der einen Seite zu einem unerwünschten Verlust an Primärstrahlung und auf der anderen Seite bei matrixartig angeordneten Detektorelementen eines Festkörperdetektors zu Problemen in der Bildqualität durch Moiré- und/oder Rasterstreifen.

**[0010]** Kollimatoren für Gamma-Kameras werden im Allgemeinen aus mechanisch gefalteten Blei-Lamellen hergestellt. Dies ist eine relativ kostengünstige Lösung, hat aber den Nachteil, dass insbesondere bei Einsatz von Festkörperkameras mit matrixförmig angeordneten Detektorelementen, bspw. bei Cadmium-Zink-Tellurid-Detektoren, wegen der dann relativ groben Struktur dieser Kollimatoren störende Aliasing-Effekte auftreten können.

**[0011]** Für die Herstellung von Streustrahlenrastern für Röntgenstrahlung ist aus der US 5 814 235 A ein Verfahren bekannt, bei dem der Streustrahlenraster aus einzelnen dünnen Metallfolien-Schichten aufgebaut wird. Die einzelnen Metallfolien-Schichten bestehen aus einem die Röntgenstrahlung stark absorbierenden Material und werden photolithographisch mit entsprechenden Durchgangsöffnungen strukturiert. Hierfür muss ein Photoresist auf beide Seiten der jeweiligen Folie aufgebracht und über eine Photomaske belichtet werden. Anschließend erfolgt ein Ätzschritt, in dem die Durchgangsöffnungen in das Folienmaterial geätzt werden. Nach dem Entfernen der verbliebenen Photoresistschicht wird eine Adhäsionsschicht auf die geätzten Metallfolien aufgebracht. Die Metallfolien werden anschließend exakt übereinander positioniert und zur Bildung des Streustrahlenrasters miteinander verbunden. Durch eine anschließende Temperaturbehandlung wird die Struktur verfestigt. Auf diese Weise lassen sich zellenartige Streustrahlenraster mit Luftzwischenräumen als Durchgangskanälen herstellen, die für Anwendungen in der Mammographie und der allgemeinen Radiographie geeignet sind. Die photolithographische Ätztechnik ermöglicht hierbei eine präzisere Festlegung der absorbierenden und nicht absorbierenden Bereiche innerhalb des Streustrahlenrasters als dies mit Bleilamellen möglich ist. Durch Verwendung unterschiedlicher Masken von Metallfolie zu Metallfolie – mit jeweils leicht gegeneinander versetzten Durchgangsöffnungen – lassen sich auch fokussierte Streustrahlenraster mit dieser Technik herstellen. Für einen Streustrahlenraster für Röntgenstrahlung werden allerdings eine Vielzahl derartiger Metallfolien-Schichten benötigt, die wiederum eine Vielzahl unterschiedlicher Masken und Herstellungsschritte erfordern. Das Verfahren ist daher sehr zeitaufwendig und kostenintensiv.

**[0012]** Aus der US 6 185 278 B1 ist ein weiteres Verfahren zur Herstellung eines Streustrahlenrasters für Röntgen- und Gammastrahlen bekannt, bei dem

ebenfalls einzelne Metallfolien photolithographisch geätzt und übereinander laminiert werden. Bei diesem Verfahren werden jedoch zur Herstellung eines fokussierten Streustrahlenrasters Gruppen von Metallfolien-Schichten mit exakt gleicher Anordnung der Durchgangsöffnungen zusammengefasst, wobei die nur die einzelnen Gruppen gegeneinander versetzte Durchgangsöffnungen aufweisen. Durch diese Technik wird die Anzahl an erforderlichen photolithographischen Masken für die Herstellung des Streustrahlenrasters reduziert.

**[0013]** Ein weiteres Verfahren für die Herstellung eines Streustrahlenrasters für Röntgenstrahlung ist aus der US 5 03 282 A bekannt. Bei diesem Verfahren wird ein Substrat aus photosensitivem Material eingesetzt, das unter Einsatz einer Photomaske entsprechend der zu erzeugenden Durchgangskanäle belichtet wird. Aus diesem Substrat werden dann die Kanäle entsprechend der belichteten Bereiche herausgeätzt. Die Oberfläche des Substrates einschließlich der Innenwände der Durchgangskanäle werden mit einem die Röntgenstrahlung absorbierenden Material ausreichender Dicke beschichtet. Zur Erhöhung des Schachtverhältnisses werden ggf. mehrere derartig bearbeitete Substrate übereinander gestapelt. Ähnliche Herstellungstechniken für die Herstellung zellulärer Streustrahlenraster für Röntgenstrahlung sind in der EP 0681736 B1 oder der US 5970118 A beschrieben. Das Ätzen von Durchgangskanälen in dickere Substrate führt jedoch zu einem Verlust an Präzision der Kanalgeometrie.

**[0014]** Aus der Veröffentlichung von G. A. Kastis et al., „A Small-Animal Gamma-Ray Imager Using a CdZnTe Pixel Array and a High Resolution Parallel Hole Collimator“, (2000), ist ein Verfahren zur Herstellung eines zellenartig aufgebauten Kollimators für Gamma-Strahlung bekannt. Der Kollimator wird auch in diesem Fall aus laminierten Schichten aus Metallfolien, hier aus Wolfram, hergestellt, die photochemisch geätzt werden. Auch dieses Herstellungsverfahren ist somit sehr aufwendig und kostenintensiv.

**[0015]** In der DE 101 47 947 C1 ist ein Verfahren zur Herstellung eines Streustrahlenrasters oder Kollimators unter Einsatz der Technik des Rapid-Prototyping beschrieben. Bei diesem Verfahren wird zunächst die Geometrie der durchlässigen und der undurchlässigen Bereiche des Streustrahlenrasters oder Kollimators festgelegt. Anschließend wird mittels einer Rapid-Prototyping-Technik durch schichtweise Verfestigung eines Aufbaumaterials unter Einwirkung von Strahlung ein Grundkörper entsprechend der Geometrie der durchlässigen Bereiche aufgebaut und an den Innenflächen der gebildeten Durchgangskanäle sowie auf der vorder- und rückseitigen Oberfläche mit einem Röntgen- oder Gammastrahlung stark absorbierenden Material beschichtet. Die Schichtdicke wird dabei so gewählt, dass auftreffende Sekundär-

strahlung nahezu vollständig in dieser Schicht absorbiert wird.

**[0016]** Die DE 101 51 562 A1 zeigt die Herstellung eines Streustrahlenraster oder Kollimators mit Röntgen- oder Gammastrahlung absorbierenden Strukturelementen. Die Herstellung der absorbierenden Strukturelemente kann mittels einer Rapid-Prototyping-Technik erfolgen, bei der eine Grundstruktur für das Streustrahlenraster bzw. den Kollimator mittels Stereolithographie aus einem UV-gehärteten Polymer auf die Oberfläche des Detektors aufgebracht und anschließend mit einem absorbierendem Material verfüllt wird.

**[0017]** Die DE 199 47 527 A1 beschreibt Streustrahlengitter mit Röntgenstrahlen absorbierenden Kammelementen. Die Herstellung derartiger Kammelemente kann mittels eines Spritzgussverfahrens erfolgen, bei dem einem Grundstoff Röntgenstrahlen absorbierende Materialien beigemischt werden.

**[0018]** Die DE 101 51 568 A1 offenbart ein Verfahren zum Aufbringen eines Streustrahlenrasters auf einen Röntgendetektor, bei dem eine Grundstruktur des Streustrahlenrasters mittels einer Rapid Prototyping Technik direkt auf dem Röntgendetektor aufgebaut und anschließend mit einem Röntgenstrahlen absorbierenden Material beschichtet oder verfüllt wird.

**[0019]** Die US 5,814,235 A offenbart ein Verfahren zur Herstellung eines Streustrahlenrasters, bei dem eine Vielzahl von dünnen Metallfolien, in die jeweils Durchgangsöffnungen geätzt wurden, aufeinander gestapelt, ausgerichtet und laminiert werden.

**[0020]** Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein Verfahren zur Herstellung eines Streustrahlenrasters oder Kollimators anzugeben, mit dem sich der Streustrahlenraster oder Kollimator mit nur wenigen Prozessschritten mit hoher Genauigkeit herstellen lässt.

**[0021]** Die Aufgabe wird mit dem Verfahren gemäß Patentanspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen des Verfahrens sind Gegenstand der Unteransprüche oder lassen sich der nachfolgenden Beschreibung sowie den Ausführungsbeispielen entnehmen.

**[0022]** Bei dem vorliegenden Verfahren wird der Streustrahlenraster oder Kollimator, der aus zumindest einem Grundkörper vorgegebener Geometrie mit Durchgangskanälen oder Durchgangsschlitz für Primärstrahlung für die jeweilige Strahlungsart, insbesondere für Röntgen- und/oder Gammastrahlung gebildet ist, dadurch hergestellt, dass der Grundkörper aus einem Aufbaumaterial in Spritzgusstechnik oder mittels der Technik der Stereolithographie gebil-

det wird. Als Aufbaumaterial wird dabei direkt ein die Strahlungsart stark absorbierendes Material eingesetzt. Dieses stark absorbierende Aufbaumaterial ist vorzugsweise ein Verbundmaterial aus einem Thermoplasten und einem die Strahlungsart stark absorbierenden Stoff. Das Aufbaumaterial kann beispielsweise ein mit Wolframpulver verfülltes Kunststoffmaterial, ein mit hochabsorbierendem Keramikpulver verfülltes Kunststoffmaterial oder ein mit Gadoliniumoxysulfid verfülltes Kunststoffmaterial sein.

**[0023]** Durch die direkte Bildung des Grundkörpers aus dem die jeweilige Strahlungsart, insbesondere Röntgen- und/oder Gammastrahlung, stark absorbierenden Material, lässt sich der Streustrahlenraster oder Kollimator in beliebiger, durch die Spritzgussform vorgegebener Geometrie mit nur wenigen Prozessschritten herstellen. Aufwendige Montage- oder Ätztechniken entfallen ebenso wie eine zusätzlich erforderliche Beschichtung des Grundkörpers. Das Gleiche gilt beim Aufbau des Grundkörpers mittels Stereolithographie durch schichtweise Verfestigung des Aufbaumaterials unter Einwirkung von Strahlung. Bei diesen Techniken lässt sich der Grundkörper mit sehr filigranen Strukturen und hoher Genauigkeit auf einfache Weise herstellen, ohne eine Vielzahl von aufwendigen Verfahrensschritten durchführen zu müssen. Der gesamte Herstellungsprozess bis zum Erhalt des fertigen Streustrahlenrasters oder Kollimators wird damit gegenüber anderen bekannten Verfahren des Standes der Technik deutlich vereinfacht und lässt sich kostengünstig realisieren.

**[0024]** Bei der Technik der Stereolithographie werden 3D-CAD-Konstruktionen, hier die Geometrie des Grundkörpers, in Volumendaten in CAD-System konvertiert. Das 3D-Volumenmodell für die Stereolithographie wird anschließend in einem Rechner in Querschnitte aufgeteilt. Die Querschnitte haben eine Schichtdicke von 100 µm oder darunter. Nach dem Übertragen der Daten auf eine Stereolithographie-Anlage wird die ursprüngliche Form Schicht für Schicht aufgebaut. Im vorliegenden Verfahren wird dabei eine Technik eingesetzt, bei der der Schichtaufbau durch Einwirken von Strahlung, insbesondere durch Laserstrahlung, erfolgt. Bei dieser Technik wird flüssiges Epoxidharz vorzugsweise durch Belichtung mit einem UV-Laser ausgehärtet. Der Laser wird durch ein optisches Linsen- und Scannersystem fokussiert und über die zu härtende Fläche geführt. Über die 3D-Volumendaten wird die Form des Bauteils auf der Harzoberfläche mit dem Laser nachgezeichnet und auf diese Weise ausgehärtet. Nach der Aushärtung wird eine neue Schicht aufgebracht bzw. das Bauteil mit dem ausgehärteten Bereich um eine Schichtdicke abgesenkt, die neue Schicht belichtet, usw. Der gesamte Prozess wird solange Schicht für Schicht wiederholt, bis das Bauteil seine vollständige Kontur hat. Für die Herstellung eines Streustrahlenrasters oder Kollimators gemäß der vorliegenden Er-

findung kann eine Stereolithographieanlage mit einer Baufläche von 250 × 250 mm<sup>2</sup> eingesetzt werden. Eine Besonderheit beim Einsatz der Technik der Stereolithographie zur Herstellung des Streustrahlenrasters oder Kollimators besteht darin, dass das Kunststoff-Material mit einem Füllmaterial versehen ist, das für die hohe Strahlenabsorption des Grundkörpers sorgt. Als Füllmaterial kann hierbei beispielsweise Gadoliniumoxysulfid (GOS), hochabsorbierendes Keramikpulver oder Wolframpulver eingesetzt werden. Bei der Verfestigung des Kunststoffmaterials wird dieses Füllmaterial fest in den Grundkörper eingebunden.

**[0025]** Bei einer weiteren möglichen Technik der Stereolithographie, die auch unter dem Begriff "Solid Ground Curing" bekannt ist, wird durch den Grafikgenerator die Struktur jeder Schicht als Negativmaske auf einen Glasträger aufgebracht. Die Maske dient als lithographische Struktur und wird nach jeder Belichtung gelöscht und neu aufgetragen. Auf einer Arbeitsplatte wird eine dünne Schicht eines UV-härtenden Harzes aufgebracht, das mit den Füllmaterialien versehen ist. Anschließend erfolgt die Belichtung mit UV-Licht durch die Maske, so dass die Strukturen unter der Maske aushärten. Die nicht belichteten Bereiche bleiben flüssig und werden abgesaugt. Die entstandenen Hohlräume werden mit heißem, flüssigem Wachs ausgefüllt, das anschließend aushärtet. Zum Schluss wird die Oberfläche der neu gefertigten Schicht plan gefräst. Nach der Herstellung dieser Schicht kann eine neue Schicht Harz aufgetragen und in der gleichen Weise selektiv verfestigt werden. Der ganze Prozess wird fortgesetzt, bis das vollständige Bauteil fertig gestellt ist.

**[0026]** In einer Ausgestaltung des vorliegenden Verfahrens wird der Streustrahlenraster oder Kollimator nicht aus einem einzigen sondern aus mehreren Grundkörpern zusammengesetzt. Diese Grundkörper werden nebeneinander angeordnet oder in Durchlassrichtung der Strahlung übereinander gestapelt. Die Zusammensetzung des Streustrahlenrasters oder Kollimators aus mehreren Grundkörpern ist von Vorteil, um eine ausreichende mechanische Stabilität der Stege zu gewährleisten, insbesondere wenn eine geringe Stegbreite, d. h. ein geringer Abstand zwischen den Durchgangskanälen oder durch Durchgangsschlitzen, bei großer Steglänge erforderlich ist.

**[0027]** Die Geometrie des Grundkörpers kann beim vorliegenden Verfahren beliebig vorgegeben werden. Vorzugsweise wird mit dem vorliegenden Verfahren ein fokussierter Streustrahlenraster oder Kollimator gebildet, bei dem die Steigung der Begrenzungswände der Durchgangsöffnungen oder Durchgangsschlitze auf eine bestimmte Röntgenfokusposition hin ausgerichtet ist. Weiterhin ist es von Vorteil, den vorliegenden Streustrahlenraster oder Kollimator nicht le-

diglich mit Durchgangsschlitzen sondern mit einer matrix-förmigen Anordnung von Durchgangskanälen zu versehen, so dass sich eine zellenartige oder wabenförmige Struktur ergibt. Auf diese Weise kann auch eine Kollimierung in der zweiten Dimension, insbesondere in z-Richtung einer Röntgenanlage, erreicht werden.

**[0028]** Das vorliegende Verfahren wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen in Verbindung mit den Zeichnungen nochmals kurz erläutert. Hierbei zeigen:

**[0029]** Fig. 1 schematisch die Wirkung eines Streustrahlenrasters bei der Röntgenbildaufnahme eines Objekts;

**[0030]** Fig. 2 schematisch die Verhältnisse beim Einsatz eines Kollimators während der Nuklearmedizinischen Aufnahme eines Objekts;

**[0031]** Fig. 3 eine Darstellung zur Veranschaulichung der Technik der Stereolithographie;

**[0032]** Fig. 4 eine Darstellung zur Veranschaulichung der Spritzgusstechnik;

**[0033]** Fig. 5 ein erstes Beispiel für einen mit dem vorliegenden Verfahren hergestellten Kollimator bzw. Streustrahlenraster; und

**[0034]** Fig. 6 ein zweites Beispiel für einen mit dem vorliegenden Verfahren hergestellten Streustrahlenraster bzw. Kollimator.

**[0035]** Die typischen Verhältnisse bei einer Röntgenbildaufnahme eines Objektes **3** in der Röntgendiagnostik sind anhand der Fig. 1 schematisch dargestellt. Das Objekt **3** befindet sich zwischen dem Röhrenfokus **1** einer Röntgenröhre, der als annähernd punktförmige Röntgenquelle angesehen werden kann, und einer Detektorfläche **7**. Die vom Fokus **1** der Röntgenquelle ausgehenden Röntgenstrahlen **2** breiten sich geradlinig in Richtung des Röntgendetektors **7** aus und durchdringen dabei das Objekt **3**. Die auf der Detektorfläche **7** auftreffenden Primärstrahlen **2a**, die das Objekt **3** vom Röntgenfokus **1** ausgehend geradlinig durchdringen, ergeben auf der Detektorfläche **7** eine orts aufgelöste Schwächungswertverteilung für das Objekt **3**. Ein Teil der vom Röntgenfokus **1** ausgehenden Röntgenstrahlen **2** wird im Objekt **3** gestreut. Die hierbei entstehenden Streustrahlen **2b** tragen nicht zur gewünschten Bildinformation bei und verschlechtern beim Auftreffen auf den Detektor **7** das Signal-Rauschverhältnis erheblich. Zur Verbesserung der Bildqualität wird daher ein Streustrahlenraster **4** vor dem Detektor **7** angeordnet. Dieser Streustrahlenraster **4** weist Durchgangskanäle **5** in einem Grundkörper **6** auf, der in diesem Fall aus für Röntgenstrahlung undurchlässi-

gem Material besteht. Die Durchgangskanäle **5** sind in Richtung des Röhrenfokus **1** ausgerichtet, so dass sie die eintreffende Primärstrahlung **2a** auf geradlinigem Wege auf die Detektorfläche treffen lassen. Nicht in dieser Richtung einfallende Strahlen, insbesondere die Streustrahlen **2b**, werden durch das absorbierenden Material des Grundkörpers **6** blockiert oder erheblich geschwächt. Allerdings lassen sich die absorbierenden Zwischenwände des Grundkörpers **6** aufgrund der bisher bekannten Herstellungstechniken nur mit einer bestimmten Mindestdicke realisieren, so dass dadurch noch ein erheblicher Teil der Primärstrahlung **2a** absorbiert wird und nicht zum Bildergebnis beiträgt.

**[0036]** Fig. 2 zeigt die Verhältnisse bei der Bildaufnahme in der Nuklearmedizin. In der Figur ist der zu untersuchende Körper **3** zu erkennen, in dem ein Organ **3a** angedeutet ist. Durch Injektion eines Gammastrahlung emittierenden Mittels, das sich in dem Organ **3a** anreichert, werden aus diesem Bereich Gammaquanten **8a** emittiert und treffen auf den Detektor **7**, eine Anger-Kamera. Durch den vor dem Detektor **7** angeordneten Kollimator **4**, der geradlinig ausgerichtete Durchgangskanäle **5** zwischen Gammastrahlung absorbierenden Bereichen des Grundkörpers **6** aufweist, wird die Projektionsrichtung der jeweiligen Bildaufnahme festgelegt. In andere Richtungen emittierte oder gestreute Gammaquanten **8b**, die nicht auf geradlinigem Wege aus dieser Projektionsrichtung kommen, werden vom Kollimator **4** absorbiert. Auch bei dieser Technik wird jedoch aufgrund der nicht beliebig dünnen absorbierenden Bereiche des Grundkörpers **6** noch ein beträchtlicher Teil der Primärstrahlung **8a** absorbiert.

**[0037]** Mit der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren bereitgestellt, das eine sehr präzise Fertigung von Streustrahlenrastern oder Kollimatoren mit dünnen Stegen bzw. Zwischenwänden zwischen den Durchgangskanälen **5** ermöglicht. Hierbei wird zur Herstellung des Streustrahlenrasters oder Kollimators bei einer Ausgestaltung des Verfahrens die Technik der Stereolithographie eingesetzt, wie sie anhand der Darstellung in der Fig. 3 beispielhaft veranschaulicht wird. Bei dieser Technik wird ein UV-Laserstrahl **12** auf die Oberfläche eines flüssigen UV-ernetzbaren Polymers **10** gerichtet, der sich in einem Behälter **9** befindet. Der UV-Laserstrahl **12** bewegt sich anhand eines dreidimensionalen Volumenmodells des zu erstellenden Grundkörpers **6** über die Oberfläche des flüssigen Polymers **10**, um den Grundkörper **6** schichtweise aufzubauen. Nach der Verfestigung einer Schicht wird diese über eine Bauplatzform **11** um eine weitere Schichtdicke abgesenkt, so dass der UV-Laser **12** die nächste Schicht entsprechend dem dreidimensionalen Volumenmodell verfestigen kann. Auf diese Weise wird Schicht für Schicht der Grundkörper **6** aus dem vernetzten UV-gehärteten Polymer **10**, das beim vorliegenden Verfahren mit Füllstoffen

aus einem Röntgenstrahlung stark absorbierenden Material versehen ist, aufgebaut. Beispielsweise kann ein UV-härtendes Polymer mit einer Füllung an Wolframpulver als Aufbaumaterial eingesetzt werden. Aufgrund der guten Fokussierbarkeit des UV-Laserstrahls **12** lassen sich hierbei sehr filigrane Strukturen mit sehr hoher Genauigkeit realisieren. Der Grundkörper **6** kann direkt auf der Bauplattform **11** oder auf einer zusätzlichen, in der Figur nicht dargestellten Trägerplatte aufgebaut werden, die auf der Bauplattform **11** liegt. Weiterhin lässt sich eine Grundplatte auch direkt mit der Technik der Stereolithographie aufbauen, auf der dann der Grundkörper **6** entsprechend der gewünschten Geometrie gebildet wird.

**[0038]** Fig. 4 zeigt beispielhaft die Vorgehensweise bei der Spritzgusstechnik zur Herstellung eines Grundkörpers. Bei dieser Technik werden eine obere **13** und eine untere **14** Spritzgussform bereitgestellt, die zusammengesetzt die Negativform für den Grundkörper des Streustrahlenrasters oder Kollimators **4** bilden. Derartige Spritzgussformen können in bekannter Weise durch Abformen oder mittels einer Rapid Prototyping Technik hergestellt werden. Nach dem Zusammenfügen der beiden Teilformen **13**, **14** wird über die Einspritzöffnung **15** das verflüssigte Aufbaumaterial in den zwischen den Teilformen **13**, **14** gebildeten Hohlraum eingespritzt. Nach der Verfestigung dieses Aufbaumaterials werden die beiden Teilformen **13**, **14** wieder voneinander getrennt. Der auf diese Weise gebildete Streustrahlenraster oder Kollimator **4** kann beispielsweise eine Struktur aufweisen, wie sie in den nachfolgenden Beispielen der Fig. 5 und Fig. 6 ersichtlich ist. Das hierbei eingesetzte Kunststoffmaterial, beispielsweise ECO-MASS® oder ein Epoxidharz mit einer Füllung an Wolframpulver, führt zu einer ausreichenden Strahlungsabsorption der Stege zwischen den Durchgangskanälen des Grundkörpers. Weitere Beispiele für Füllstoffe sind Co-60 und N-16, mit denen eine höhere Abschirmleistung wie die von Blei erzielt werden kann.

**[0039]** Fig. 5 zeigt ein erstes Beispiel eines Streustrahlenrasters oder Kollimators **4**, der mit dem vorliegenden Verfahren herstellbar ist. Im vorliegenden Beispiel sind zwei Grundkörper **6** dargestellt, die übereinander stapelbar sind. Für die Befestigung sind diese Grundkörper **4** mit Schnappverschlüssen **16** versehen, die eine einfache und lösbare feste Verbindung zwischen den beiden Grundkörpern **6** ermöglichen. Diese Grundkörper weisen eine Vielzahl von Durchgangskanälen **5** auf, wie aus dem vergrößerten Abschnitt der Figur ersichtlich ist. Durch die quer und längs verlaufenden Stege **6a**, die die Durchgangskanäle **5** begrenzen, wird ein zellenartiger Streustrahlenraster oder Kollimator gebildet, mit dem eine Kollimierung sowohl in  $\Phi$ - als auch in z-Richtung erreicht wird.

**[0040]** Ein weiteres Beispiel eines stapelförmigen Aufbaus eines mit dem Verfahren herstellbaren Kollimators oder Streustrahlenrasters **4** zeigt Fig. 6. Auch in dieser Figur sind die beiden übereinander stapelbaren Grundkörper **6** in beabstandeter Form zu erkennen. Die Grundkörper weisen hierbei jeweils eine Vielzahl von parallel angeordneten Durchgangsschlitzen **5** auf, die jeweils durch längs verlaufende Stege **6a** voneinander getrennt ist. Eine vergrößerte Draufsicht ist wiederum im linken unteren Teil der Figur zu erkennen.

### Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Streustrahlenrasters oder Kollimators (**4**) für Röntgenstrahlung, der aus zumindest einem Grundkörper (**6**) vorgegebener Geometrie mit Durchgangskanälen oder Durchgangsschlitzen (**5**) für Primärstrahlung der Strahlungsart gebildet ist, die sich zwischen zwei gegenüberliegenden Oberflächen des Grundkörpers (**6**) erstrecken, wobei der Grundkörper (**6**) aus einem die Strahlungsart stark absorbierenden Aufbaumaterial in Spritzgusstechnik oder mittels der Technik der Stereolithographie gebildet wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Aufbaumaterial ein mit Wolframpulver, hochabsorbierendem Keramikpulver oder mit Gadoliniumoxysulfid verfülltes Kunststoffmaterial eingesetzt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Streustrahlenraster oder Kollimator (**4**) aus mehreren Grundkörpern (**6**) zusammengesetzt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Grundkörper (**6**) so übereinander gestapelt werden, dass sich ihre Oberflächen gegenüberliegen.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Geometrie des Grundkörpers (**6**) derart vorgegeben wird, dass ein fokussierter Streustrahlenraster oder Kollimator (**4**) gebildet wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Geometrie des Grundkörpers (**6**) derart vorgegeben wird, dass durch die Durchgangskanäle (**5**) ein Streustrahlenraster oder Kollimator (**4**) mit einer zellenförmigen Struktur gebildet wird.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG 1

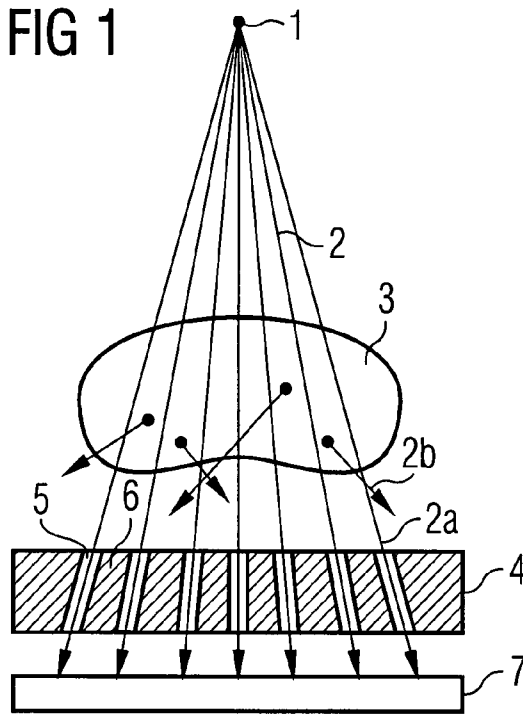


FIG 2

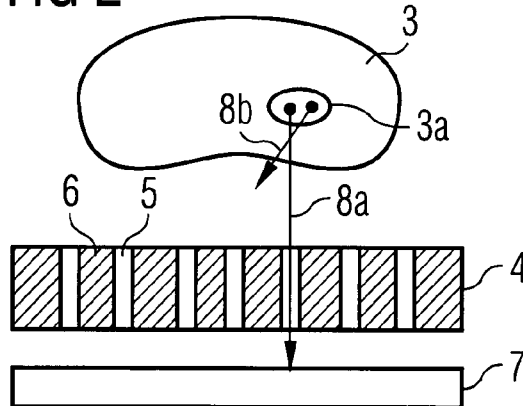


FIG 3

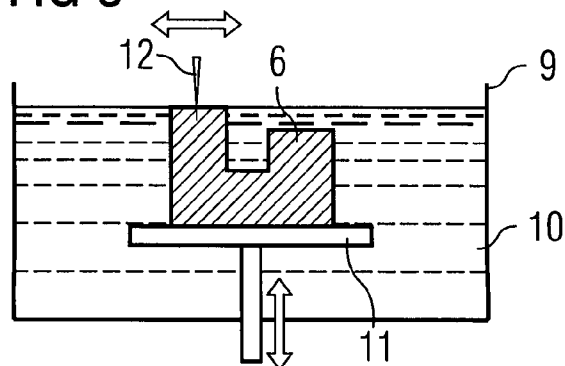




FIG 4

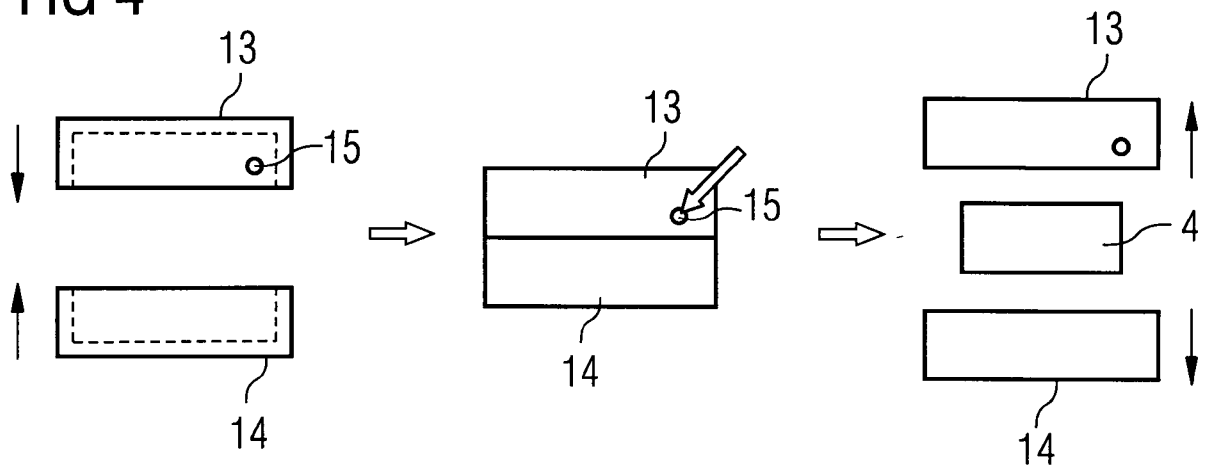


FIG 5

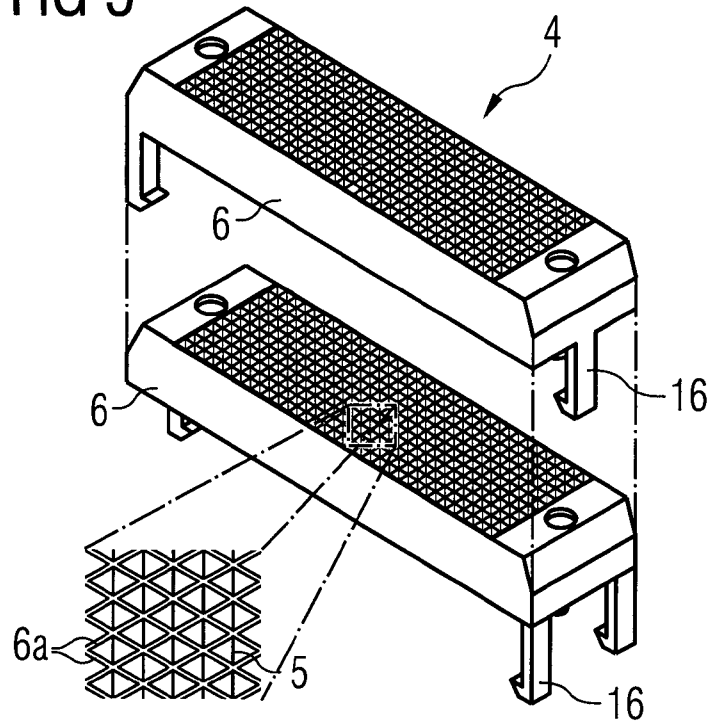


FIG 6

