



19 **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

12 **Patentschrift**
10 **DE 101 47 947 C 1**

51 Int. Cl.⁷:
B 81 C 1/00
G 21 K 1/02
G 01 T 1/29
B 29 C 67/00

21 Aktenzeichen: 101 47 947.6-33
22 Anmeldetag: 28. 9. 2001
43 Offenlegungstag: -
45 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 24. 4. 2003

DE 101 47 947 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 **Patentinhaber:**
Siemens AG, 80333 München, DE

72 **Erfinder:**
Eidam, Rico, 04657 Langensteinbach, DE; Hoheisel,
Martin, Dr., 91056 Erlangen, DE; Sklebitz, Hartmut,
91056 Erlangen, DE; Schaefer, Martin, 10557 Berlin,
DE; Strattner, Peter, Dr., 91560 Heilsbronn, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

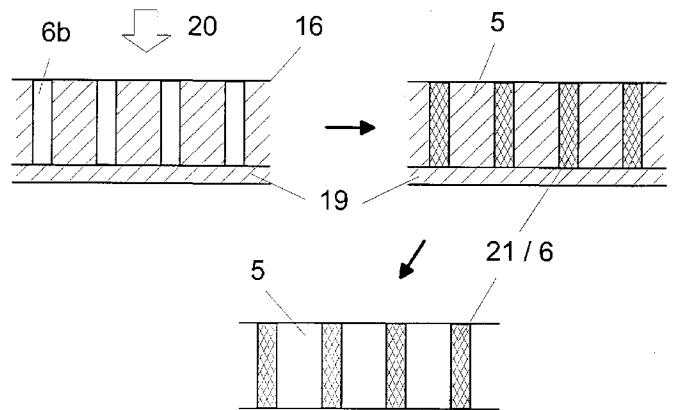
- US 61 85 278 B1
- US 61 75 615 B1
- US 59 70 118
- US 58 14 235
- US 53 03 282
- US 51 23 734
- EP 06 81 736 B1

KASTIS, G.A. et al.: "A small-animal gamma-ray imager using a CdZnTe pixel array and a high-resolution, parallel-hole collimator". Conference Record of the High Resolution Imaging in Small Animals with PET, MR, and other Modalities, Amsterdam, The Netherlands, pp. 6-7, Sept. 27-29, 1999;

54 **Verfahren zur Herstellung eines Streustrahlenrasters oder Kollimators**

57 Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Streustrahlenrasters oder Kollimators, der für eine auftreffende Strahlungsart durchlässige Bereiche (5) und undurchlässige Bereiche (6) vorgegebener Geometrie aufweist. Bei dem Verfahren wird die Geometrie der durchlässigen (5) und der undurchlässigen Bereiche (6) des Streustrahlenrasters oder Kollimators zunächst festgelegt. Auf Basis dieser Geometrie wird ein Grundkörper (16) entsprechend der ggf. um eine bestimmte Schichtdicke abweichenden Geometrie der durchlässigen Bereiche (5) oder der undurchlässigen Bereiche (6) mittels einer Rapid Prototyping Technik durch schichtweise Verfestigung eines Aufbaumaterials unter Einwirkung von Strahlung aufgebaut. Auf Basis dieses Grundkörpers (16) wird schließlich der Streustrahlenraster oder der Kollimator fertiggestellt.

Das vorliegende Verfahren ermöglicht die einfache und kostengünstige Herstellung von Streustrahlenrastern oder Kollimatoren mit sehr filigranen Absorptionsstrukturen. Dies ermöglicht eine bessere Ausnutzung der Primärstrahlung bei der Aufnahme eines Bildes.



DE 101 47 947 C 1

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Streustrahlenrasters oder Kollimators, insbesondere für Röntgen- oder Gammastrahlung.

[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 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 auftretenden 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 Strukturen 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] Zur Minimierung von Bildstörungen durch Streustrahlenraster ist es bekannt, die Raster während der Aufnahme in lateraler Richtung zu bewegen. Bei sehr kurzen Belichtungszeiten von bspw. 1–3 ms können aber auch hier durch ungenügende Bewegungsgeschwindigkeit der Raster Streifen im Bild auftreten. Auch bei sehr langen Belichtungszeiten können störende Streifen durch die Umkehr der Raster-Bewegungsrichtung während der Belichtung auftreten.

[0007] 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.

[0008] 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 Detektor erreichen. Im Gegensatz zur Röntgendiagnostik befindet sich bei der Nuklearmedizin die Strahlungsquelle für die Gamma-Quanten im Inneren des Objektes. Dem Patienten wird hierbei ein mit bestimmten, instabilen Nukliden markiertes Stoffwechselpräparat 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.

[0009] 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 koinzi-

diert, 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 Nuklear diagnostik 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.

[0010] 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 Streustrahlenraster 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.

[0011] 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.

[0012] Für die Herstellung von Streustrahlenrastern für Röntgenstrahlung ist aus der US 5,814,235 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.

[0013] 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.

[0014] Ein weiteres Verfahren für die Herstellung eines Streustrahlenrasters für Röntgenstrahlung ist aus der US 5,303,282 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 bearbeiteter Substrate übereinander gestapelt. Ähnliche Herstellungstechniken für die Herstellung zellulärer Streustrahlenraster für Röntgenstrahlung sind in der EP 0 681 736 B1 oder der US 5,970,118 beschrieben. Das Ätzen von Durchgangskanälen in dickere Substrate führt jedoch zu einem Verlust an Präzision der Kanalgeometrie. Dies gilt ebenso für das in US 6,175,615 B1 beschriebene Verfahren, wonach zunächst aus CAD-Daten eine "stereolithographische Datei" erzeugt wird, auf Basis derer dann eine Maschine gesteuert wird, die die Kanäle aus einem festen vollen, vorzugsweise monolithischen, Ausgangsblock herausarbeitet.

[0015] 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", Conference Record of the High Resolution Imaging in Small Animals With PET, MR and other Modalities, Amsterdam, The Netherlands, Sept. 27–29, 1999, pp. 6–7 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.

[0016] Aus US 5,123,734 ist zur schnellen Herstellung präziser und komplexer Strukturen ein Stereolithographie-Verfahren bekannt, bei dem sukzessiv aufgebracht Schichtstoff verfestigt wird.

[0017] Ausgehend von diesem Stand der Technik besteht die Aufgabe der vorliegenden Erfindung darin, ein Verfahren zur Herstellung eines Streustrahlenrasters oder eines Kollimators mit hohem Schachtverhältnis und sehr feinen absorbierenden Strukturelementen anzugeben, das einen verringerten Fertigungsaufwand erfordert.

[0018] Die Aufgabe wird mit dem Verfahren gemäß Patentanspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen des Verfahrens sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0019] Bei dem vorliegenden Verfahren wird zur Herstellung des Streustrahlenrasters oder Kollimators erfindungsgemäß eine Technik des Rapid Prototyping eingesetzt. Hierbei 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, insbeson-

dere von Laserstrahlung, ein Grundkörper entsprechend der ggf. um eine bestimmte Schichtdicke abweichenden Geometrie der durchlässigen Bereiche oder der undurchlässigen Bereiche aufgebaut. Der Grundkörper kann hierbei zusätzlich eine Grundplatte aufweisen, die ebenfalls mittels der Rapid Prototyping Technik erstellt wird. Weiterhin ist es selbstverständlich möglich, den Grundkörper auf einer getrennten, von der Bauplattform der Rapid Prototyping Anlage abnehmbaren Trägerplatte aufzubauen. Auf Basis dieses Grundkörpers wird schließlich der Streustrahlenraster oder der Kollimator erstellt bzw. fertig gestellt.

[0020] Durch den Einsatz einer Rapid Prototyping Technik beim Aufbau des Grundkörpers, der schließlich als Basis des Streustrahlenrasters oder Kollimators dient, können sehr filigrane Strukturen mit sehr hoher Genauigkeit erzeugt werden. Dies ist insbesondere für die Herstellung dünner absorbierender Bereiche bzw. Wandungen des Streustrahlenrasters oder Kollimators von Vorteil. Weiterhin lässt sich der Grundkörper auf diese Weise sehr einfach erstellen, ohne eine Vielzahl von aufwendigen Verfahrensschritten durchführen zu müssen. Der gesamte Herstellungsprozess bis zum Erhalt des fertigen Streustrahlenrasters oder Kollimators wird damit deutlich vereinfacht und lässt sich kostengünstig durchführen.

[0021] Bei der Rapid Prototyping Technik werden 3D-CAD-Konstruktionen, hier die Geometrie des Grundkörpers, in Volumendaten im CAD-System konvertiert. Das 3D-Volumenmodell für das Rapid Prototyping 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 Rapid Prototyping Anlage wird die ursprüngliche Form Schicht für Schicht aufgebaut. Im vorliegenden Verfahren wird dabei eine Rapid Prototyping Technik eingesetzt, bei der der Schichtaufbau durch Einwirkung von Strahlung, insbesondere durch Laserstrahlung, erfolgt. Gerade Laserstrahlung bietet hierbei den Vorteil der Erzeugung sehr filigraner Strukturen.

[0022] Der Streustrahlenraster oder Kollimator selbst kann entweder den Grundkörper als Basisstruktur enthalten oder aus diesem durch ein- oder mehrmaliges Abformen erzeugt werden. Geeignete Abformprozesse sind dem Fachmann bekannt und lassen sich einfach und kostengünstig durchführen.

[0023] Die mit dem vorliegenden Verfahren herstellbaren Streustrahlenraster oder Kollimatoren können beliebige Geometrien der für die entsprechend zu absorbierende Streustrahlung bzw. Sekundärstrahlung undurchlässigen Bereiche aufweisen. So lassen sich sämtliche der aus dem Stand der Technik bekannten Geometrien, bspw. zellenartige Strukturen oder Strukturen mit schlitzzartigen Durchgangsöffnungen, realisieren. Insbesondere besteht herstellungstechnisch kein Unterschied darin, ob fokussierte oder parallele Streustrahlenraster oder Kollimatoren erzeugt werden. Für die Erzeugung von Streustrahlenrastern oder Kollimatoren mit unterschiedlichem Fokusabstand muss keinerlei Änderung irgendwelcher Masken bei der Herstellung vorgenommen werden.

[0024] Die Herstellungstechnik für die Herstellung eines Streustrahlenrasters für Röntgenstrahlung unterscheidet sich nicht von der Herstellungstechnik für die Herstellung eines Kollimators für Gammaquanten. Lediglich die für die Erzeugung der undurchlässigen Bereiche eingesetzten Materialien können sich unterscheiden. Weiterhin wird ein Gamma-Kollimator mit einer um ein Vielfaches größeren Höhe erzeugt als ein Streustrahlenraster für Röntgenstrahlung.

[0025] In einer bevorzugten Ausführungsform des vorlie-

genden Verfahrens wird für den Aufbau des Grundkörpers die Technik der Stereolithographie eingesetzt. Bei diesem Verfahren bildet ein computergesteuerter UV-Laserstrahl die jeweiligen Konturen der einzelnen Schichten des 3D-Volumenmodells des Grundkörpers auf einem flüssigen Polymerharz ab. Das Harz härtet durch die Einwirkung des Lasers an den belichteten Stellen bzw. Flächen aus. Dann wird die Bauteilplattform der Anlage abgesenkt und eine neue dünne Schicht Photopolymer-Harz aufgetragen. Durch Wiederholung dieser Schritte wird sukzessive die vollständige Geometrie des Grundkörpers von unten nach oben aufgebaut. Das so entstandene Bauteil kann anschließend nachgehärtet und mechanisch nachbearbeitet werden.

[0026] In einer vorteilhaften Ausführungsform des vorliegenden Verfahrens wird der Grundkörper entsprechend der um eine bestimmte Schichtdicke reduzierten Geometrie der undurchlässigen Bereiche erstellt. Anschließend wird direkt auf die zugänglichen Flächen dieses Grundkörpers eine Schicht aus einem die Streustrahlung stark absorbierenden Material entsprechend der bestimmten Schichtdicke aufgebracht, so dass die undurchlässigen Bereich somit entsprechend der gewünschten Geometrie des Streustrahlenrasters oder Kollimators gebildet werden. Die Beschichtung kann bspw. durch Sputtern einer metallischen Startschicht und anschließende galvanische Beschichtung erfolgen. Auf diese Weise ist der mittels der Rapid Prototyping Technik erzeugte Grundkörper Bestandteil des fertigen Streustrahlenrasters oder Kollimators. Es versteht sich von selbst, dass die Beschichtung auch an den inneren Seitenwandungen der Durchgangsöffnungen des Grundkörpers erfolgt.

[0027] In einer weiteren Ausführungsform wird der Grundkörper exakt entsprechend der Geometrie der durchlässigen Bereiche aufgebaut. In diesem Falle ist es erforderlich, den Grundkörper auf einer von der Bauplattform entfernbaren Trägerplatte aufzubauen oder diese Trägerplatte als Bestandteil des Grundkörpers mittels der Rapid Prototyping Technik zu erstellen. Die in dem Grundkörper entstandenen Zwischenräume, die den späteren undurchlässigen Bereichen des Streustrahlenrasters oder Kollimators entsprechen, werden anschließend mit einem die Streustrahlung stark absorbierenden Material aufgefüllt. Dieses Aufüllen erfolgt vorzugsweise durch Vergießen mit Eutektika, Legierungen oder Elementen, die vorzugsweise Blei, Zinn, Wismut, Cadmium, Indium, Quecksilber oder Gallium enthalten. Weiterhin ist es möglich, absorbierende Elemente vermischt mit oder gelöst in einem flüssigen Klebemittel mechanisch in diese Zwischenräume einzubringen. Dies kann bspw. durch Spachteln, Pressen, Gießen oder drucktechnische Verfahren erfolgen. Weiterhin kann es vorteilhaft sein, reduzierten Luftdruck oder Vakuum während der Befüllung anzuwenden, um Lufteinschlüsse zu reduzieren oder zu vermeiden.

[0028] Auf diese Weise wird ein Streustrahlenraster oder Kollimator mit Struktur- bzw. Wandungselementen aus den absorbierenden Materialien erhalten. Der Grundkörper kann anschließend entfernt werden, oder im Falle eines für die entsprechende Primärstrahlung im Wesentlichen durchlässigen Aufbaumaterials, auch zur Erhöhung der Stabilität als Bestandteil des Streustrahlenrasters oder Kollimators verbleiben.

[0029] In einer weiteren Ausführungsform wird der Grundkörper exakt entsprechend der Geometrie der undurchlässigen Bereiche aufgebaut. Dieser Grundkörper wird anschließend abgeformt, so dass eine Negativform entsteht. In dieser Negativform werden anschließend entsprechend dem vorangehenden Ausführungsbeispiel die Zwischenräume mit absorbierendem Material verfüllt. Diese Abformtechnik bietet den Vorteil, dass für die Negativform ein Ma-

terial mit hoher Durchlässigkeit für die entsprechende Primärstrahlung und/oder mit hoher Stabilität eingesetzt werden kann.

[0030] Die Abformtechnik kann auch in beliebigen Abwandlungen eingesetzt werden, um bspw. eine Kopie des Grundkörpers aus dem gleichen oder einem anderen Material zu erstellen. Diese Kopie kann dann in gleicher Weise zur Herstellung des Streustrahlenrasters oder Kollimators eingesetzt werden, wie der Grundkörper in den vorangegangenen Ausführungsbeispielen selbst. Durch die Erstellung mehrerer Kopien des Grundkörpers durch jeweils zweifaches Abformen – zunächst in eine Negativform, aus der dann wiederum die Positivform abgeformt wird – läßt sich eine Vielzahl von Streustrahlenrastern oder Kollimatoren sehr schnell und kostengünstig aus einem einzigen Grundkörper, der als Master dient, herstellen. Der zeitaufwendige Prozess für die Herstellung des Master-Grundkörpers muss dann nur einmal durchgeführt werden.

[0031] Weiterhin ist es möglich, den Grundkörper entsprechend einer um eine bestimmte Schichtdicke erweiterten Geometrie der durchlässigen Bereiche zu erstellen und anschließend in eine Negativform abzuformen. Diese Negativform kann anschließend, wie beim erstgenannten Ausführungsbeispiel mit einer Schicht aus einem absorbierenden Material beschichtet werden, bis die exakte Geometrie der undurchlässigen Bereich erreicht ist.

[0032] Neben der Stereo-Lithographie als Rapid Prototyping Technik für die Erstellung des Grundkörpers läßt sich selbstverständlich auch die Technik der Mikro-Stereo-Lithographie einsetzen. Bei dieser Technik wird jede Schicht durch eine einmalige Belichtung mit einem Muster – entsprechend der zu belichtenden Bereiche – belichtet. Hierbei können bspw. Mikrospiegel-Arrays für die Erzeugung der von Schicht zu Schicht abweichenden Muster eingesetzt werden, wie dies aus dem Stand der Technik bekannt ist.

[0033] Weiterhin ist es möglich, das Verfahren des selektiven Lasersinterns oder Laserschmelzens für die Erstellung des Grundkörpers einzusetzen. Bei dieser Technik handelt es sich um ein Verfahren des lokalen Anschmelzens oder Aufschmelzens von pulverförmigem Ausgangsmaterial durch einen CO₂-Laser. Der Werkstoff wird schichtweise auf eine Bauplattform aufgebaut. Mit den Daten des 3D-Volumenmodells wird der Laserstrahl entlang des Bauteilquerschnittes der jeweiligen Schicht gesteuert. Schicht für Schicht erfolgt die Bearbeitung bzw. Verfestigung einer Schichtdicke von etwa 0,1 bis 0,2 µm. Bei der Absenkung der Bauplattform stellt der Pulverbehälter die Pulvermenge für eine weitere Schicht zur Verfügung, die mit einem entsprechenden Nivellierelement verteilt wird. Die vom Laser zugeführte Energie wird vom Pulver absorbiert und führt zu einer lokalen Verfestigung des Materials. Auf diese Weise läßt sich auch direkt ein Streustrahlenraster oder Kollimator aus dem entsprechenden absorbierenden Material aufbauen, so dass nach Fertigstellung des Grundkörpers – abgesehen von einer ggf. erforderlichen Entgratung des Grundkörpers und der Entfernung von Stützstrukturen – keine weiteren Schritte zur Fertigstellung des Streustrahlenrasters oder Kollimators mehr erforderlich sind.

[0034] Selbstverständlich sind neben den bisher genannten auch andere Rapid Prototyping Verfahren, wie beispielsweise das LAM-Verfahren (Laminated Object Manufacturing), für die Herstellung des Streustrahlenrasters oder Kollimators gemäß der vorliegenden Erfindung einsetzbar.

[0035] Das vorliegende Verfahren wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen in Verbindung mit den Zeichnungen ohne Beschränkung des allgemeinen Erfindungsgedankens erläutert. Hierbei zeigen:

[0036] Fig. 1 schematisch die Wirkung eines Streustrah-

lenrasters bei der Röntgenbildaufnahme eines Objekts;

[0037] Fig. 2 schematisch die Verhältnisse beim Einsatz eines Kollimators während der nuklearmedizinischen Aufnahme eines Objekts;

[0038] Fig. 3 eine Darstellung zur Veranschaulichung der Technik der Stereolithographie;

[0039] Fig. 4 eine Darstellung zur Veranschaulichung der Technik des selektiven Lasersinterns oder Laserschmelzens;

[0040] Fig. 5 schematisch ein Beispiel für die Erzeugung eines Streustrahlenrasters oder Kollimators aus einem Grundkörper;

[0041] Fig. 6 schematisch ein weiteres Beispiel für die Erzeugung eines Streustrahlenrasters oder Kollimators aus einem Grundkörper;

[0042] Fig. 7 schematisch ein weiteres Beispiel für die Erzeugung eines Streustrahlenrasters oder eines Kollimators aus einem Grundkörper; und

[0043] Fig. 8 schematisch ein Beispiel für eine mehrfache Abformung eines Grundkörpers vor der Fertigstellung des Streustrahlenrasters oder Kollimators.

[0044] 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 Schwächungsverteilung 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** und absorbierende Bereiche **6** auf. 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 die absorbierenden Bereiche **6** blockiert oder erheblich geschwächt. Allerdings lassen sich die absorbierenden Bereiche 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.

[0045] 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, auf. Durch den vor dem Detektor **7** angeordneten Kollimator **4**, der geradlinig ausgerichtete Durchgangskanäle **5** zwischen Gammastrahlung absorbierenden Bereichen **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 **6** noch ein beträchtlicher Teil

der Primärstrahlung **8a** absorbiert.

[0046] Mit der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren bereitgestellt, das eine sehr präzise Fertigung von Streustrahlenrastern oder Kollimatoren mit sehr dünnen absorbierenden Strukturen bzw. Trennwänden **6** zwischen den Durchgangskanälen **5** ermöglicht. Hierbei wird zur Herstellung des Streustrahlenrasters oder Kollimators eine Rapid Prototyping Technik eingesetzt. Ein Beispiel für eine derartige Technik ist die Stereolithographie, wie sie anhand der Darstellung in der **Fig. 3** veranschaulicht wird. Bei dieser Technik wird ein UV-Laserstrahl **12** auf die Oberfläche eines flüssigen UV-ernetzbaren Polymers **10** gerichtet, der sich in einem Behältnis **9** befindet. Der UV-Laserstrahl **12** bewegt sich anhand eines dreidimensionalen Volumenmodells des zu erstellenden Grundkörpers **13** über die Oberfläche des flüssigen Polymers **10**, um den Grundkörper **13** schichtweise aufzubauen. Nach der Verfestigung einer Schicht wird diese über eine Bauplattform **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 **13** aus dem vernetzten UV-gehärteten Polymer **10** aufgebaut. Aufgrund der guten Fokussierbarkeit des UV-Laserstrahls **12** lassen sich hierbei sehr filigrane Strukturen mit sehr hoher Genauigkeit realisieren. Der Grundkörper **13** 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 **13** entsprechend der gewünschten Geometrie gebildet wird.

[0047] Eine weitere Technik zur Herstellung eines Grundkörpers als Basis für einen Streustrahlenraster oder einen Kollimator gemäß der vorliegenden Erfindung ist in **Fig. 4** dargestellt. Die **Fig. 4** zeigt schematisch die Vorgehensweise bei der Technik des selektiven Laserschmelzens oder Lasersinterns.

[0048] Bei dieser Technik wird ein CO₂-Laserstrahl **12** über die Oberfläche eines Werkstoffpulvers **14** geführt. Der Laser schmelzt dabei das Werkstoffpulver **14** an oder auf, so dass sich dieses nach dem Erstarren verbindet. Dieses An- bzw. Aufschmelzen erfolgt wiederum schichtweise. Nach der Erstellung einer Schicht wird die Bauplattform **11** um eine Schichtdicke abgesenkt und über einen Schieber **15** neues Werkstoffpulver **14** in der Bauebene verteilt. Anschließend wird in gleicher Weise mit dem Laser **12** die nächste Schicht verfestigt, um schließlich das Bauteil **13** Schicht für Schicht aufzubauen. Das Werkstoffpulver **14** kann ein metallisches oder ein mit einem Kunststoff beschichtetes metallisches Pulver sein.

[0049] Grundsätzlich lassen sich mit den beiden Verfahren der **Fig. 3** und **4** Absorptionsstrukturen bzw. -wände **6** zwischen den Durchgangskanälen **5** erzeugen, die eine geringe Dicke von etwa 50 µm aufweisen. Durch geeignete Einstellung der Parameter ist es auch möglich, Dicken von bis zu 20 µm herab zu erreichen.

[0050] Aus einem auf diese Weise – bspw. gemäß der Techniken der **Fig. 3** oder **4** – hergestellten Grundkörper lässt sich ein Streustrahlenraster oder Kollimator auf unterschiedliche Art und Weise erzeugen. Ein Beispiel hierfür ist in **Fig. 5** angeführt. Bei dieser Ausführungsform wird ein Grundkörper **16** entsprechend der Geometrie der um eine bestimmte Schichtdicke d_s reduzierten Geometrie der undurchlässigen Bereiche **6** des zu erstellenden Streustrahlenrasters oder Kollimators erzeugt. Die Dicke der in diesem Beispiel dargestellten Bereiche **6a** des Grundkörpers **16** aus dem Aufbaumaterial, bspw. dem UV-gehärteten Polymer, ist

damit um $2 \cdot d_s$ geringer als die Dicke der zu erzeugenden undurchlässigen Stege **6** des Streustrahlenrasters oder Kollimators. Das Gleiche gilt für die Höhe dieser Bereiche **6a**. Ein derart hergestellter Grundkörper **16** wird anschließend mit einem absorbierenden Material hoher Ordnungszahl beschichtet (Beschichtungsschritt **17**). Die Schichtdicke dieser Beschichtung **18** entspricht dabei der Schichtdicke d_s , um die die Strukturen **6a** des Grundkörpers **16** gegenüber den zu erzeugenden undurchlässigen Bereichen **6** des Streustrahlenrasters oder Kollimators verringert ausgeführt wurden. Auf diese Weise wird schließlich ein Streustrahlenraster oder Kollimator erhalten, wie er im rechten Teil der **Fig. 5** dargestellt ist. Die Figur zeigt jeweils einen Ausschnitt aus dem Grundkörper **16** und dem daraus erzeugten Streustrahlenraster oder Kollimator im Querschnitt (oben) und in Draufsicht (unten). Der Streustrahlenraster bzw. Kollimator setzt sich bei diesem Ausführungsbeispiel somit aus dem Grundkörper **16** mit den Bereichen **6a** des Aufbaumaterials als Grundgerüst zusammen, auf dem eine absorbierende Beschichtung **18** zur Bildung der undurchlässigen Bereiche **6** aufgebracht ist. Zwischen diesen undurchlässigen Bereichen **6**, die vorzugsweise dünne Stege bilden, liegen die Durchlasskanäle **5**. Diese Durchlasskanäle **5** können je nach Eigenschaften des gewünschten Streustrahlenrasters oder Kollimators in Richtung des Röhrenfokus ausgerichtet sein.

[0051] Für die Aufbringung der Beschichtung **18** kann bspw. zunächst eine dünne Kupfer-Schicht durch Sputtern auf die Oberfläche der Bereiche **6a** aufgebracht werden. Die Dicke dieser Kupfer-Schicht liegt im 10tel µm-Bereich. Auf diese Schicht wird schließlich durch galvanische Abscheidung eine Blei-Zinn-Legierung aufgebracht. Die Dicke dieser Legierung wird so ausgeführt, dass die nötige Absorption der Sekundärstrahlung erreicht wird.

[0052] Insbesondere für Mammographie-Anwendungen, bei denen die Energie des verwendeten Röntgenspektrums relativ niedrig ist, reicht eine sehr dünne Absorber-Schicht **18** auf den Strukturen **6a** des Grundkörpers **16** aus. Bspw. wird schon mit einer 2 µm dicken Bleischicht bei mittleren Mammographie-Röntgenenergien (20 keV) eine Absorption von etwa 84% bewirkt. Bei doppelseitiger Beschichtung, wie dies beim vorliegenden Ausführungsbeispiel der Fall ist, reicht somit für die gleiche Absorption eine Dicke d_s der Schicht **18** von 1 µm für eine gute Absorption der Sekundärstrahlung aus. Eine derart dünne Schicht hat weiterhin den Vorteil, dass sie eine signifikant verringerte Absorption der energiereicheren Primärstrahlung bewirkt, so dass eine bessere Selektivität des Streustrahlenrasters erreicht wird.

[0053] **Fig. 6** zeigt ein weiteres Beispiel zur Erstellung eines Streustrahlenrasters oder Kollimators aus einem Grundkörper **16**. Der Grundkörper **16** wurde in diesem Fall auf eine Grundplatte **19** aufgebracht bzw. mit dieser zusammen gebildet. Der Grundkörper **16** wurde hierbei entsprechend der Geometrie der durchlässigen Bereiche **5** des zu erzeugenden Streustrahlenrasters oder Kollimators hergestellt. Da die durchlässigen Bereiche **5** in der Regel nicht zusammenhängend ausgebildet sind, ist die Grundplatte **19** für die Erstellung eines derartigen Grundkörpers erforderlich. In die Zwischenräume **6b** dieses Grundkörpers **16** wird schließlich ein Material **21** hoher Ordnungszahl in flüssigem Zustand eingefüllt (Verfüllung **20**), das die entsprechende Sekundärstrahlung im Wesentlichen absorbiert. Dieses Material **21**, bspw. eine Blei-Zinn-Indium-Legierung, verfestigt sich nach dem Abkühlen. Auf diese Weise wird ein Streustrahlenraster oder Kollimator erhalten, der undurchlässige Bereiche, vorzugsweise als dünne Stege **6**, aufweist, zwischen denen durchlässige Bereiche **5**, vorzugsweise als Kanäle mit hohem Aspektverhältnis ausgebildet sind. Die Kanäle können hierbei aus dem Aufbaumaterial des Grundkörpers **16**

bestehen, falls dieses für die jeweilige Primärstrahlung ausreichend durchlässig ist. In gleicher Weise kann auch die Grundplatte **19** als Bestandteil des Streustrahlenrasters oder Kollimators verbleiben, um dessen Stabilität zu erhöhen. Selbstverständlich kann das Material des Grundkörpers **16** auch anschließend entfernt werden, so dass lediglich das Gerüst aus dem absorbierenden Material **21** als Streustrahlenraster oder Kollimator verbleibt.

[0054] Fig. 7 zeigt schließlich ein weiteres Beispiel für die Erstellung eines Streustrahlenrasters aus einem mittels einer Rapid-Prototyping-Technik hergestellten Grundkörper **16**. Bei diesem Beispiel wird der Grundkörper **16** entsprechend der Geometrie der absorbierenden Bereiche **6** des Streustrahlenrasters oder Kollimators aufgebaut. Die Dicke und Höhe der Aufbaubereiche **6a** entsprechen somit exakt der Dicke und Höhe der absorbierenden Bereiche oder Stege **6** des Streustrahlenrasters oder Kollimators. Dieser Grundkörper **16** wird anschließend in eine Negativform **22**, bspw. durch Einfüllen oder Eingießen von Nickel, abgeformt, so dass die Materialbereiche der Negativform den Durchlassbereichen **5** des Streustrahlenrasters oder Kollimators entsprechen. Anschließend kann ein Streustrahlenraster oder Kollimator aus dieser Negativform **22** gemäß der Vorgehensweise der Fig. 6 erstellt werden.

[0055] In gleicher Weise kann eine Negativform erstellt werden, die anschließend gemäß dem Ausführungsbeispiel der Fig. 5 beschichtet wird. Hierfür muss der zunächst zu erstellende Grundkörper **16** entsprechend der Geometrie der um eine bestimmte Schichtdicke d_s erweiterten Durchlassbereiche **5** aufgebaut werden. Durch die Abformung dieses Grundkörpers **16** entsteht dann eine Negativform **22**, die die Form des Grundkörpers **16** der Fig. 5 aufweist.

[0056] Fig. 8 zeigt schließlich ein weiteres Beispiel für die Erzeugung eines Streustrahlenrasters oder Kollimators aus einer mittel Rapid Prototyping erstellten Grundform **16**. In diesem Beispiel wird diese Grundform **16** zunächst in ein Negativ **22** abgeformt, das anschließend wiederum in ein Positiv **23**, d. h. eine exakte Kopie des Grundkörpers **16**, abgeformt wird. Diese Technik hat den Vorteil, dass aus einem Grundkörper **16** als Master nahezu beliebig viele Kopien **23** erstellt werden können, mit denen schließlich der Streustrahlenraster gebildet wird. Der zeitaufwendige Prozess des Rapid Prototyping zur Erstellung des Grundkörpers **16** muss hierbei nur einmal durchgeführt werden.

[0057] Für die Erstellung der Kopien **23** wird der Grundkörper **16**, der bspw. durch Stereolithographie aus einem Polymermaterial erstellt sein kann, zunächst mit einer 80 nm dicken Titan-Adhäsionsschicht und einer 160 nm dicken Nickel-Startschicht **24** beschichtet. Diese Beschichtung erfolgt vorzugsweise durch Sputtern. Anschließend wird auf diese dünne Beschichtung eine 10 µm dicke NiP-Schicht **25** durch stromlose Abscheidung aufgebracht. Im nächsten Schritt wird Nickel galvanisch mit einer Dicke von 0,5 mm auf der entstandenen Struktur abgeschieden. Die Struktur wird hierbei auf das Nickelmaterial übertragen, das nunmehr als Negativform **22** des Grundkörpers **16** von diesem abgelöst werden kann. Die entstandene Negativform **22** wird schließlich mit einer Passivierungsschicht **26** beschichtet. Anschließend wird durch galvanische Abscheidung wiederum Nickel mit einer Dicke von 1,5–2,5 mm in diese Negativform **22** abgeschieden. Auf diese Weise wird eine Positivform **23** erhalten, die exakt die Struktur des ursprünglichen Grundkörpers **16** aufweist. Diese Positivform **23** wird von der Negativform **22** getrennt und kann entweder direkt als Streustrahlenraster oder Kollimator dienen oder wiederum als Gussform für die Erstellung eines derartigen Rasters oder Kollimators.

[0058] Mit den vorliegenden Ausführungsbeispielen kön-

nen beispielsweise Streustrahlenraster oder Kollimatoren mit einem zellulären Raster der Abmessungen 55 mm × 95 mm × 2 mm und einer Rasterweite von 700 µm erstellt werden. Die absorbierenden Zwischenwände haben eine Dicke von 50 µm, und aus einem niedrig schmelzenden, flüssigen eutektischen Material, das hauptsächlich Blei enthält. Weiterhin können beispielsweise Streustrahlenraster oder Kollimatoren mit den gleichen Dimensionen erstellt werden, bei denen die absorbierenden Zwischenwände mit einer bleihaltigen Legierung einer Schichtdicke von 5–10 µm beschichtet sind.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Streustrahlenrasters oder Kollimators, der für eine auftreffende Strahlungsart durchlässige Bereiche (**5**) und undurchlässige Bereiche (**6**) vorgegebener Geometrie aufweist, mit folgenden Schritten:

- Festlegen der Geometrie der durchlässigen (**5**) und der undurchlässigen Bereiche (**6**) des Streustrahlenrasters oder Kollimators;
- Aufbauen eines Grundkörpers (**16**) entsprechend der gegebenenfalls um eine bestimmte Schichtdicke abweichenden Geometrie der durchlässigen Bereiche (**5**) oder der undurchlässigen Bereiche (**6**) mittels einer Rapid Prototyping Technik durch schichtweise Verfestigung eines Aufbaumaterials unter Einwirkung von Strahlung; und
- Fertigstellen des Streustrahlenrasters oder Kollimators auf Basis des Grundkörpers (**16**).

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Verfahren der Stereolithographie als Rapid Prototyping Technik für den Aufbau des Grundkörpers (**16**) eingesetzt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Verfahren des selektiven Laser-Schmelzens oder Laser-Sinterns als Rapid Prototyping Technik für den Aufbau des Grundkörpers (**16**) eingesetzt wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Grundkörper (**16**) entsprechend der um eine bestimmte Schichtdicke reduzierten Geometrie der undurchlässigen Bereiche (**6**) aufgebaut und zum Fertigstellen des Streustrahlenrasters oder Kollimators mit einem die Strahlungsart stark absorbierenden Material bis zum Erreichen der bestimmten Schichtdicke beschichtet wird, die ausreicht, um auftreffende Sekundärstrahlung der Strahlungsart nahezu vollständig zu absorbieren.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Beschichten durch Sputtern und/oder galvanische Abscheidung erfolgt.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Grundkörper (**16**) entsprechend der Geometrie der durchlässigen Bereiche (**5**) aufgebaut und entstandene Zwischenräume (**6b**) zur Fertigstellung des Streustrahlenrasters oder Kollimators mit einem die Strahlungsart stark absorbierenden Material (**21**) befüllt werden, das sich anschließend verfestigt.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Aufbaumaterial des Grundkörpers (**16**) nach der Verfestigung des stark absorbierenden Materials (**21**) entfernt wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Grundkörper (**16**) ent-

sprechend der Geometrie der undurchlässigen Bereiche (6) aufgebaut und anschließend zur Bildung einer Negativform (22) abgeformt wird, in der entstandene Zwischenräume zur Fertigstellung des Streustrahlenrasters oder Kollimators mit einem die Strahlungsart stark absorbierenden Material (21) befüllt werden, das sich anschließend verfestigt. 5

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Negativform (22) nach der Verfestigung des stark absorbierenden Materials (21) entfernt wird. 10

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass aus dem Grundkörper (16) durch mehrfaches Abformen eine Kopie (23) erstellt wird, mit der anstelle des Grundkörpers (16) die weiteren Verfahrensschritte der Ansprüche 4 bis 7 durchgeführt werden. 15

11. Verfahren nach Anspruch 1 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Grundkörper (16) entsprechend der Geometrie der undurchlässigen Bereiche (6) aus einem die Strahlungsart stark absorbierenden Aufbaumaterial aufgebaut wird, um direkt den Streustrahlenraster oder Kollimator zu bilden. 20

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Geometrie der durchlässigen (5) und undurchlässigen Bereiche (6) derart festgelegt wird, dass ein fokussierender Streustrahlenraster oder Kollimator gebildet wird. 25

13. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche zur Herstellung eines Streustrahlenrasters für Röntgenstrahlung. 30

14. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche zur Herstellung eines Kollimators für Gammastrahlung.

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

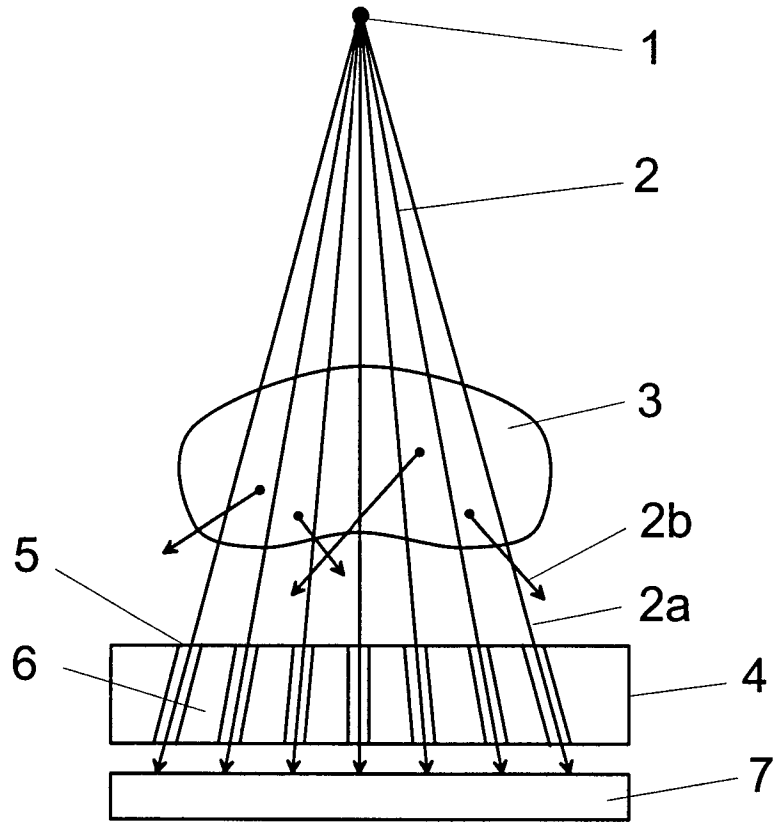


Fig. 1

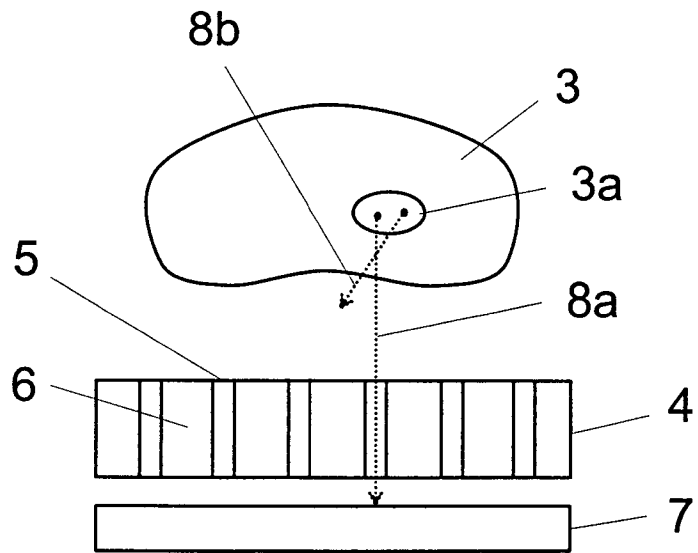


Fig. 2

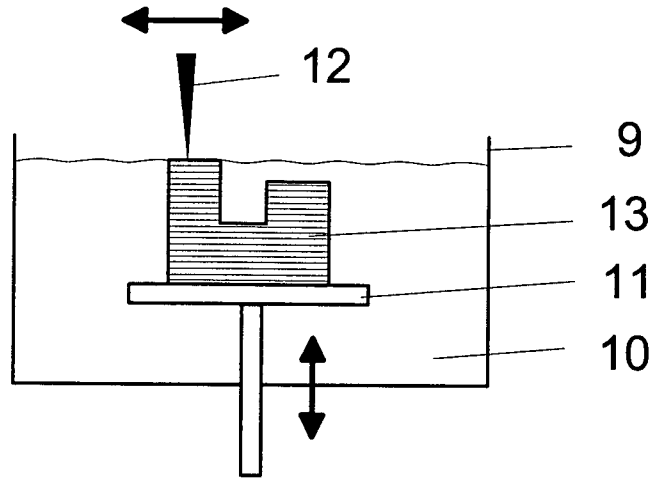


Fig. 3

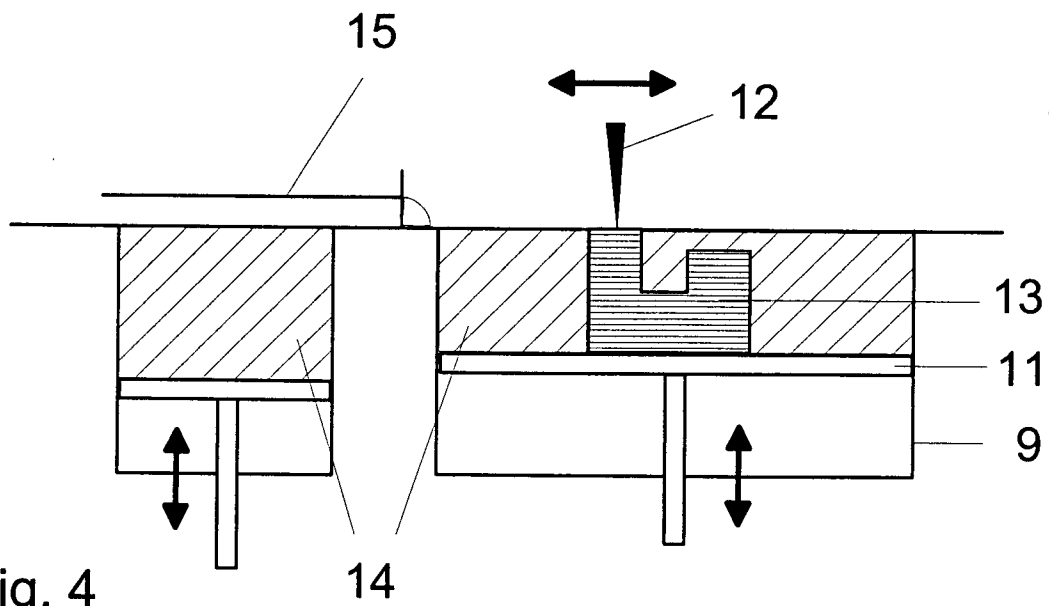


Fig. 4

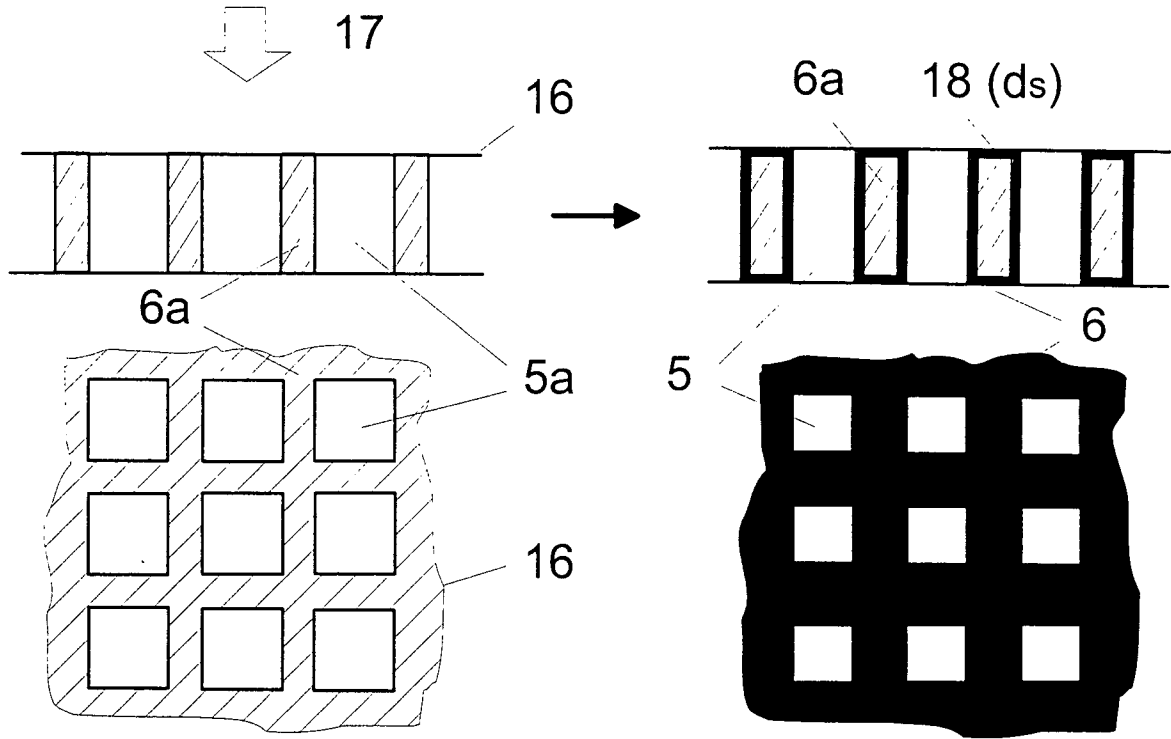


Fig. 5

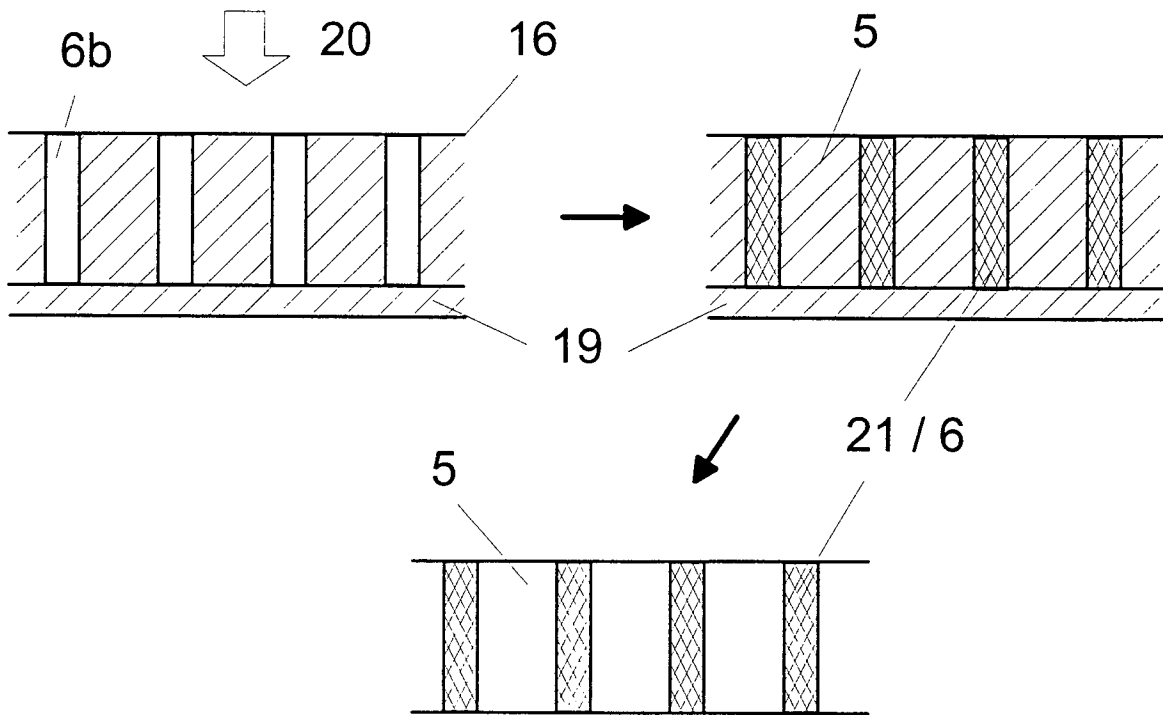


Fig. 6

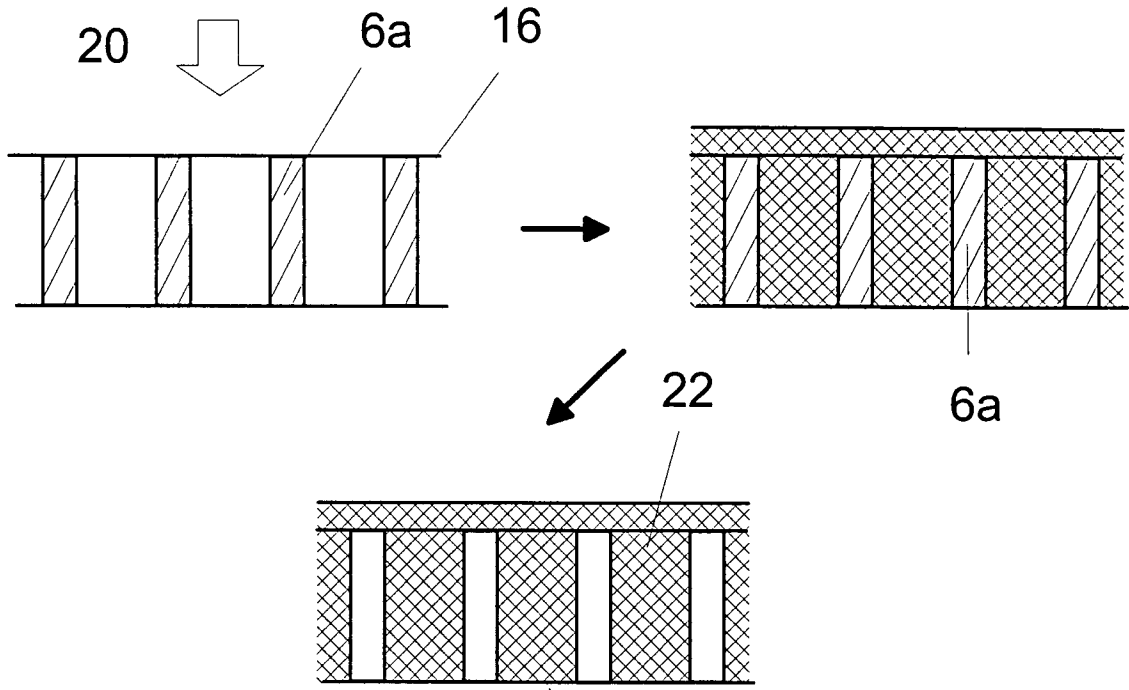
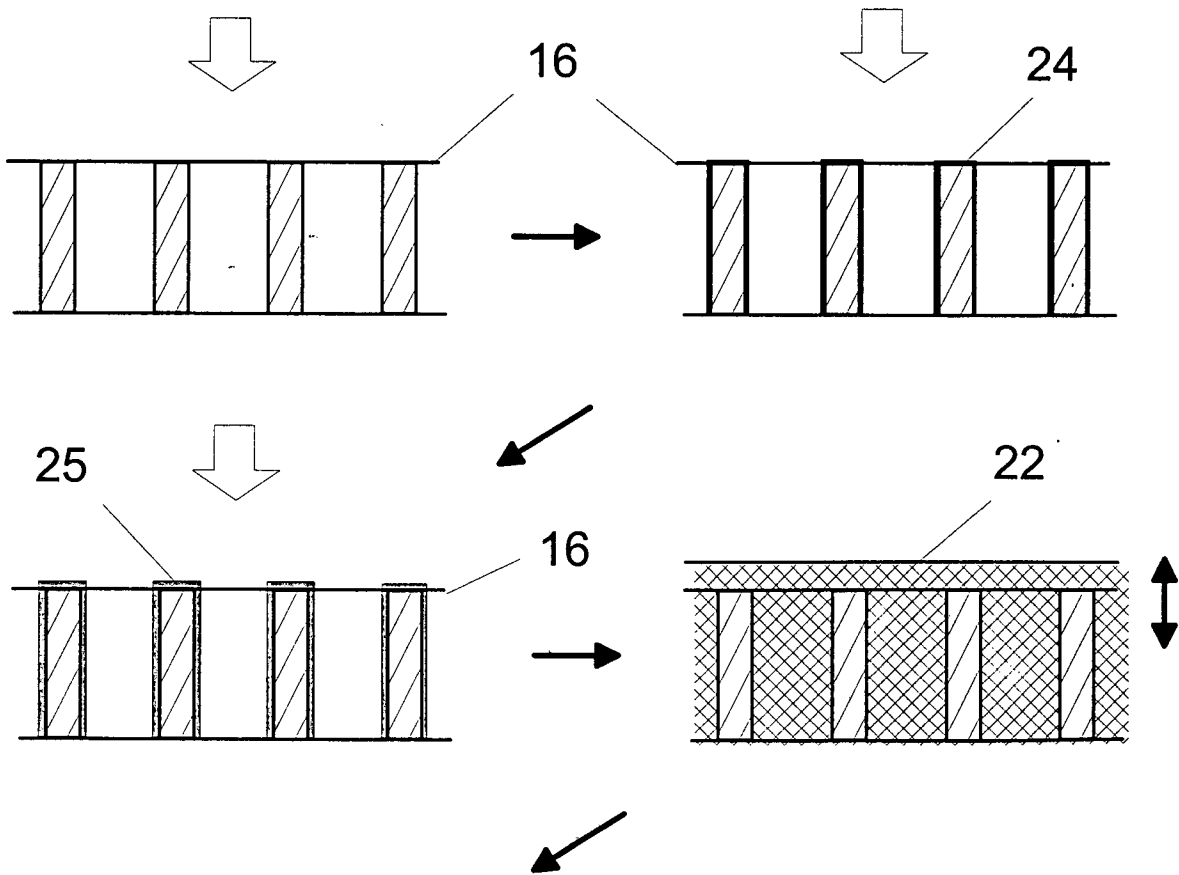


Fig. 7



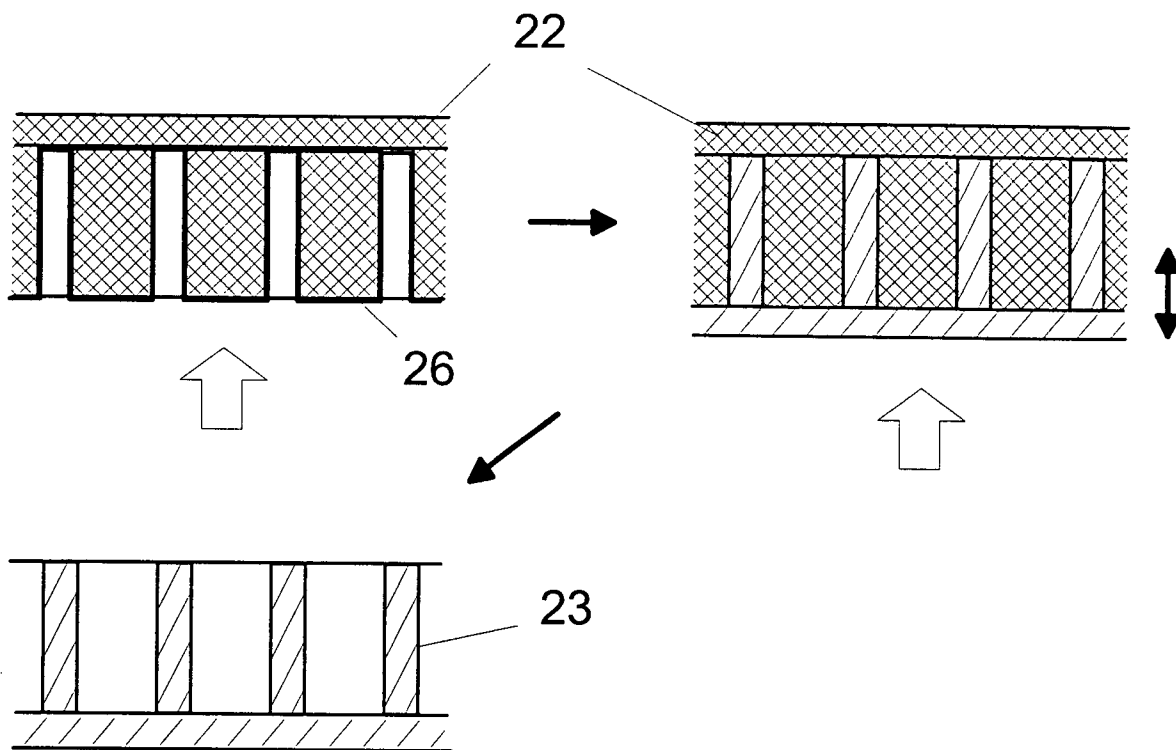


Fig. 8