

(19)



(11)

**EP 2 124 231 A2**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:

**25.11.2009 Patentblatt 2009/48**

(51) Int Cl.:

**G21K 1/02 (2006.01)**(21) Anmeldenummer: **09160478.5**(22) Anmeldetag: **18.05.2009**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR  
HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL  
PT RO SE SI SK TR**(30) Priorität: **22.05.2008 DE 102008025109**(71) Anmelder: **BAM Bundesanstalt für****Materialforschung und-  
Prüfung****12205 Berlin (DE)**

(72) Erfinder:

- **Osterloh, Kurt**  
**10711 Berlin (DE)**
- **Ewert, Uwe**  
**14513 Teltow (DE)**
- **Zscherpel, Uwe**  
**16548 Glienicke (DE)**

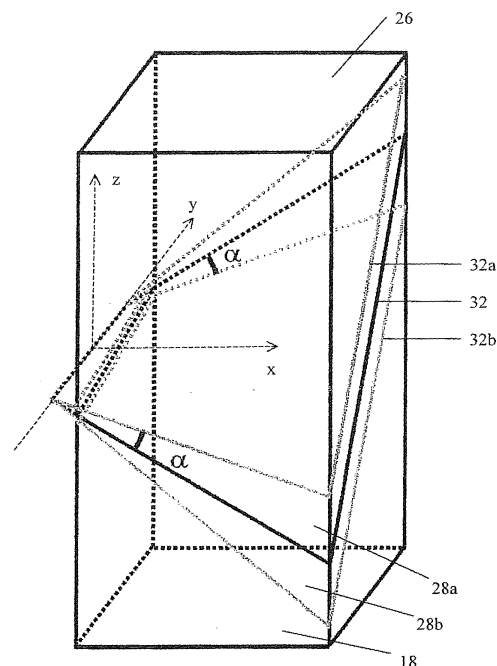
(74) Vertreter: **Gulde Hengelhaupt Ziebig & Schneider****Patentanwälte - Rechtsanwälte****Wallstraße 58/59****10179 Berlin (DE)**(54) **Blende für eine bildgebende Einrichtung**

(57) Die Erfindung betrifft eine Blende (100), insbesondere für eine bildgebende Einrichtung (200), welche geeignet ist, von einer Strahlungsquelle (10) ausgehende, insbesondere hochenergetische, Strahlung (12) zu begrenzen und entlang einer optischen Achse  $x$  nach dem Lochkameraprinzip auf einen Abbildungsbereich (14) zu richten, wobei die Blende (100) die Strahlung (12) wenigstens teilweise absorbierenden Bereiche (18, 28a, 28b, 26) umfasst und wobei in der Blende (100) ein erster Spalt (32) oder zumindest ein erster die Strahlung (12) gering absorbierender Bereich vorhanden ist, welcher mindestens eine erste nicht-ebene Oberfläche und eine zweite nicht-ebene Oberfläche aufweist, welche ihn von den die Strahlung (12) wenigstens teilweise absorbierenden Bereichen (18, 28a, 28b, 26) abgrenzen; wobei die Kontur der ersten nicht-ebenen Oberfläche zumindest teilweise durch eine Funktion  $z(x,y) = f(y) \cdot x + n(y)$  beschrieben werden kann und wobei die Kontur der zweiten nicht-ebenen Oberfläche zumindest teilweise komplementär zu der Kontur der ersten nicht-ebenen Oberfläche ist.

Es ist vorgesehen, dass in der Blende (100) mindestens ein zusätzlicher Spalt (32a, 32b) oder zumindest mindestens ein zusätzlicher die Strahlung (12) gering absorbierender Bereich vorhanden ist, wobei jeder zusätzliche Spalt (32a, 32b) oder die Strahlung (12) gering absorbierende Bereich jeweils mindestens eine erste zusätzliche nicht-ebene Oberfläche und eine zweite zusätzliche nicht-ebene Oberfläche aufweist, welche ihn von den die Strahlung (12) wenigstens teilweise absorbierenden Bereichen (18, 28a, 28b, 26) abgrenzen, und wobei zu jedem zusätzlichen Spalt (32a, 32b) oder die

Strahlung (12) gering absorbierenden Bereich eine zugehörige affine Abbildung existiert, wobei jeweils die Kontur der ersten zusätzlichen nicht-ebenen Oberfläche nach Anwendung der zugehörigen affinen Abbildung zumindest teilweise durch die Funktion  $z(x,y)$  beschrieben werden kann und wobei jeweils die Kontur der zweiten zusätzlichen nicht-ebenen Oberfläche zumindest teilweise komplementär zu der Kontur der ersten zusätzlichen nicht-ebenen Oberfläche ist.

Fig. 11



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Blende, insbesondere für eine bildgebende Einrichtung, gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

**[0002]** Häufig stellt sich das Problem, die Form verdeckter Quellen hochenergetischer Strahlung mit unbekannter Struktur beziehungsweise räumlichem Aufbau zu ermitteln. Bei der Strahlenquelle kann es sich beispielsweise um den effektiven Brennfleck auf der Anode einer Röntgenröhre oder um flächig verteiltes strahlendes Material handeln. Letzteres können über einen Raum verteilte radioaktive Abfälle in einer Sammeltonne sein, wobei vermeintliche Diskrepanzen zwischen Deklaration und tatsächlichem Inhalt zu klären sind. Weitere Beispiele für Strahlenquellen, deren Gestalt man abbilden möchte, sind Lagerstätten mit uranhaltigen Erzen oder kerntechnische Anlagen, bei denen es oftmals nicht nur von Belang ist, die Natur der Strahlung zu ermitteln, sondern auch die räumliche Struktur der Strahlenquellen zu bestimmen. Neben den genannten Quellen, welche die hochenergetische Strahlung direkt erzeugen, sind auch solche zu nennen, welche diese durch Röntgen- bzw. Gammarrückstreuung erzeugen.

**[0003]** Um die Gestalt solcher Strahlenquellen abzubilden, ist es naheliegend, das Prinzip einer Fotokamera anzuwenden. Es können dabei recht unterschiedliche Flächendetektoren eingesetzt werden: Filmmaterial, Speicherplatten, Speicherfolien, Halbleiter-Flachdetektoren, Vidicams, Bildverstärker oder Konverterfolien. Da solche Aufnahmen auch und vor allem in Umgebungen anfallen können, in die sich nach Möglichkeit Personen nicht hineinbegeben sollten, muss eine möglichst einfache Bedienbarkeit sichergestellt werden. Die einfachste Funktionalität und Handhabung wäre ein fernbedientes Platzieren eines entsprechenden Gerätes mit einer Rückholung nach der Expositionzeit ohne jegliche Betätigung irgendwelcher Bedienelemente.

**[0004]** Es ist bekannt, bei der Abbildung mit Hilfe energiereicher Strahlung das Lochkameraprinzip zu benutzen. Bei einer Lochkamera oder *Camera obscura* erzeugt ein kleines Loch auf einer Projektionsfläche ein Abbild von angestrahlten oder strahlenden Gegenständen. Dabei beschränkt der kleine Durchmesser der Blende die einfallenden Strahlenbündel auf einen kleinen Öffnungswinkel und verhindert so die vollständige Überlappung der Strahlen in der Abbildungsfläche. Strahlen von einem oberen Bereich eines strahlenden Körpers fallen auf den unteren Rand der Projektionsfläche, während umgekehrt Strahlen vom unteren Bereich auf den oberen Rand der Projektionsfläche abgebildet werden. Somit wird jeder Punkt des Gegenstandes als Scheibchen auf der Projektionsfläche abgebildet, so dass die Überlagerung der Scheibchenbilder ein Bild des strahlenden Körpers liefert, dessen Auflösung vom Abstand des strahlenden Körpers und der Form der Blende abhängt.

**[0005]** Bei hochenergetischer Strahlung tritt das Problem auf, dass wegen ihres hohen Durchdringungsver-

mögens die Dicke des Materials für die Lochblende groß, das heißt im Verhältnis zur Halbwertsdicke der Intensität der zur Abbildung benutzten Strahlung gewählt werden muss. Deshalb wird die erreichbare Abbildungsgüte im Wesentlichen durch Blendendurchmesser und Materialdicke und -dicke bestimmt. Oft erhält man daher bestenfalls ein Schattenbild der eigentlichen Lochblende, wobei die Lochblende, die zur Abbildung dienen soll, aufgrund der Wanddicke zum Kollimator wird, der nur ein gradliniges Strahlenbündel passieren lässt. Deshalb wird oftmals die Blende in den Lochkameras trompetenförmig mit der engen Stelle zur Strahlenquelle gestaltet, um die abbildenden Eigenschaften nicht vollends zu verlieren.

**[0006]** Die DE 690 01 117 offenbart eine Vorrichtung zur Erfassung von Strahlungsquellen in Echtzeit. Die Vorrichtung umfasst einen Kollimator, welcher durch eine Wandung in Form eines Doppelkonus begrenzt wird, wobei der Doppelkonus aus zwei Konen desselben Öffnungswinkels gebildet wird, welche im Scheitelpunkt gegenüber gesetzt sind. Der Scheitelpunkt bildet die Lochblende der dadurch entstehenden Kamera.

**[0007]** Um den Öffnungswinkel einer Lochkamera für energiereiche Strahlung bei Erhalt eines hohen Auflösungsvermögens zu vergrößern, schlägt die DD 240 091 ein rotierendes Blendensystem vor, welches aus mehreren konzentrisch um die optische Achse angeordneten Hohlkegeln besteht. Jeder Hohlkegel besteht zur Hälfte aus einem die jeweilige Strahlung stark beziehungsweise schwach absorbierenden Material, wobei die Hohlkegelhälften so ineinander gesteckt sind, dass stets Hohlkegelhälften aus unterschiedlichem Material aneinander grenzen.

**[0008]** Eine weitere mechanisch bewegte Lösung ist aus der DE 40 00 507 bekannt, bei welcher eine Schlitzblende wie die Öffnung einer Lochkamera wirkt. Durch die relative Bewegung der Schlitzblende zum Detektor gelangt die von verschiedenen Punkten des Prüfobjekts gestreute Strahlung auf den Detektor. Durch die Relativlage der Schlitzblende ist vorgegeben, von welcher Tiefe des Prüfobjekts sekundäre Strahlung von einem Detektor erfasst wird.

**[0009]** Eine Lösung zur Erweiterung des Gesichtsfeldes bei einer Lochkamera ist aus der DE 196 03 212 bekannt, bei welcher das Kernstück der Kamera ein zylindrisches Bohrlochkristall aufweist, welches von einem Pinhole-Kollimator abgeschlossen wird, welcher im Bereich des Bohrlochs kegelförmig ausgewölbt ist. Im Zentrum des Kollimators befindet sich eine Blende. Das Gesichtsfeld hat je nach Ausformung des Kollimators einen Öffnungswinkel bis zu etwa 120°.

**[0010]** Aus dem Stand der Technik sind außerdem vielfältige Ansätze bekannt, das Problem der Penetration harter Strahlung für eine Blende mit einer möglichst geringen Schichtdicke zu lösen. Zu nennen sind zum Beispiel detektornahe Flächenkollimatoren mit Schrägplatten, welche aus der US 6,377,661 bekannt sind, oder die Verwendung bewegter Kollimatoren (GB 1 046 337).

**[0011]** Nachteil aller beschriebenen Lösungen ist,

dass bei energiereicher Strahlung aufgrund der erforderlichen Materialdicke eine erhebliche Abweichung vom idealen Lochkameraprinzip vorliegt, außer wenn mechanisch bewegte Lösungen zum Einsatz kommen, welche sehr aufwändig sind.

**[0012]** In der Offenlegungsschrift DE 10 2005 029 674 A1 ist eine Blende offenbart, welche einige der Nachteile der beschriebenen Lösungen überwindet. Die Blende beruht nicht auf einer mechanisch bewegten Lösung und lässt sich mit nahezu beliebiger Materialschichtdicke verwirklichen, ohne dabei ihre abbildenden Eigenschaften zu verlieren. Die Blende ist geeignet, von einer Strahlungsquelle ausgehende, insbesondere hochenergetische, Strahlung zu begrenzen und entlang einer optischen Achse  $x$  nach dem Lochkameraprinzip auf einen Abbildungsbereich zu richten. Die Blende umfasst die Strahlung wenigstens teilweise absorbierende Bereiche, und in der Blende ist ein Spalt oder zumindest ein die Strahlung gering absorbierender Bereich vorhanden, welcher mindestens eine erste nicht-ebene Oberfläche und eine zweite nicht-ebene Oberfläche aufweist, welche ihn von den die Strahlung wenigstens teilweise absorbierenden Bereichen abgrenzen. Die Kontur der ersten nicht-ebenen Oberfläche kann zumindest teilweise durch eine Funktion  $z(x,y) = f(y) \cdot x + n$  beschrieben werden, und die Kontur der zweiten nicht-ebenen Oberfläche ist zumindest teilweise komplementär zu der Kontur der ersten nicht-ebenen Oberfläche.

**[0013]** Nachteilig ist an dieser Blende, dass die Abbildungsqualität, die Abbildungsgröße und die Strahlenausbeute Beschränkungen unterworfen sind. Durch Verringerung der Spaltbreite lässt sich zwar die Abbildungsqualität erhöhen; dadurch wird jedoch gleichzeitig der abgebildete Bereich in  $y$ -Richtung eingeschränkt und die Strahlenausbeute verringert. Umgekehrt wird durch Erhöhung der Spaltbreite der abgebildete Bereich in  $y$ -Richtung ausgedehnt und die Strahlenausbeute erhöht, gleichzeitig jedoch die Abbildungsqualität herabgesetzt.

**[0014]** Aufgabe der Erfindung ist es daher, eine Blende für eine Lochkamera anzugeben, welche die Vorteile der in der Offenlegungsschrift DE 10 2005 029 674 A1 offenbarten Blende teilt, jedoch eine bessere Abbildungsqualität und/oder einen größeren Abbildungsbereich und/oder eine höhere Strahlenausbeute erzielt.

**[0015]** Eine weitere Aufgabe der Erfindung ist es, eine Blende mit besserer Abbildungsqualität und/oder größerem Abbildungsbereich und/oder höherer Strahlenausbeute anzugeben, welche nach einem gegenüber dem in der deutschen Patentanmeldung mit dem Aktenzeichen 10 2007 057 261.3 offenbarten Verfahren zur Herstellung der in der Offenlegungsschrift DE 10 2005 029 674 A1 offenbarten Blende nur geringfügig modifizierten Verfahren herstellbar ist.

**[0016]** Erfindungsgemäß werden die Aufgaben mittels einer Blende, insbesondere für eine bildgebende Einrichtung, mit den im Anspruch 1 genannten Merkmalen gelöst.

**[0017]** Insbesondere weist die erfindungsgemäße Blende gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 die oben beschriebenen vorteilhaften Merkmale der in der Offenlegungsschrift DE 10 2005 029 674 A1 offenbarten Blende auf, wobei für die erfindungsgemäße Blende in der Funktion  $z(x,y) = f(y) \cdot x + n(y)$  der Term  $n(y)$  nicht notwendigerweise konstant ist, sondern eine Abhängigkeit von der Koordinate  $y$  aufweisen kann.

**[0018]** Für die Beschreibung der Oberflächenkonturen wird ein dreidimensionales kartesisches Koordinatensystem zugrunde gelegt, dessen Ursprung ohne Beschränkung der Allgemeinheit auf der ersten nicht-ebenen Oberfläche liegt (vergleiche Figur 2). Die Funktionsweise der Blende lässt sich dadurch erläutern, dass ein Strahlbündel mit einem Richtungsvektor  $(1, y_s, z_s)$  betrachtet wird, also ein Strahlenbündel, welches sich in Richtung der positiven optischen Achse  $x$  fortpflanzt. Für diejenigen Strahlenbündel, deren  $y$ -Komponente verschwindet und die sich durch einen Richtungsvektor  $(1, 0, \tan \psi)$  beschreiben lassen (vergleiche Figur 3), existiert eine Gerade auf der ersten nicht-ebenen Oberfläche, welche parallel zum Strahlenbündel verläuft, wenn  $f(y) = \tan \psi$  gilt. Wenn  $f(y)$  eine streng monoton steigende oder fallende Funktion ist, ist somit nur an einer Stelle eine Durchsicht durch den entstehenden Spalt in gerader Richtung möglich. An anderen Stellen wird die Strahlung stärker absorbiert.

**[0019]** Der bereits beschriebene Spalt oder die Strahlung gering absorbierende Bereich wird hier als erster Spalt oder die Strahlung gering absorbierender Bereich bezeichnet, da die erfindungsgemäße Blende mindestens einen zusätzlichen Spalt oder zumindest mindestens einen zusätzlichen die Strahlung gering absorbierenden Bereich aufweist.

**[0020]** Die die Strahlung gering absorbierenden Bereiche können mit einem geeigneten Material gefüllt sein, welches die relevante Strahlung weniger absorbiert als die die Strahlung wenigstens teilweise absorbierenden Bereiche, wobei das Material in Form eines separaten Einsatzstückes oder einer auf mindestens eine der nicht-ebenen Oberflächen aufgetragenen Beschichtung vorliegen kann. Im Folgenden soll unter einem Spalt auch ein solcher die Strahlung gering absorbierender und mit Material gefüllter Bereich verstanden werden. Unter nicht-ebenen Oberflächen sind jegliche Oberflächen zu verstehen, die nicht eben sind, beispielsweise geschwungene und gekrümmte Oberflächen.

**[0021]** Im Folgenden bezeichnet der Begriff "affine Abbildung" eine Abbildung des dreidimensionalen Raumes auf sich selbst, welche jede Gerade auf eine Gerade abbildet. Eine solche Abbildung lässt sich in Vektordarstellung in Bezug auf ein gegebenes affines, d.h. geradliniges Koordinatensystem durch eine Abbildungsvorschrift der Form  $\vec{x} \rightarrow A\vec{x} + \vec{b}$  beschreiben, wobei  $\vec{x}$  der den abzubildenden Punkt beschreibende Vektor,  $A$  eine beliebige reguläre  $3 \times 3$ -Matrix und  $\vec{b}$  ein beliebiger Dreiervektor ist. Der Begriff "Isometrie" bezeichnet eine isometrische Abbildung des dreidimensionalen Raumes auf sich

selbst, d.h. eine Starrkörperbewegung, welche Abstände und Winkel invariant lässt. Eine Isometrie ist eine affine Abbildung, in deren Vektordarstellung in Bezug auf ein kartesisches Koordinatensystem die Matrix A orthogonal ist. Der Ausdruck "Scherung entlang der Richtung A parallel zu der Ebene B" bezeichnet eine affine Abbildung, welche jeden Punkt des Raumes entlang der Richtung A parallel zu der Ebene B um eine zu dem Abstand des Punktes von der Ebene B proportionale Strecke verschiebt.

**[0022]** Alle diese Abbildungen bilden im mathematischen Sinne den gesamten dreidimensionalen Raum auf sich selbst ab, d.h. ordnen jedem Punkt des dreidimensionalen Raumes einen Punkt des dreidimensionalen Raumes zu. Unter der Anwendung einer solchen Abbildung g auf die Kontur einer Oberfläche ist zu verstehen, dass jeder Punkt p der Kontur auf den Punkt g(p) abgebildet wird, den ihm die Abbildung g zuordnet. Das Ergebnis der Anwendung der Abbildung auf die Kontur ist die durch die so abgebildeten Punkte gebildete Kontur.

**[0023]** Dadurch, dass in der Blende mindestens ein zusätzlicher Spalt vorhanden ist, wird erreicht, dass zusätzliche Strahlung in den Abbildungsbereich gelangt, wodurch ein größerer Abbildungsbereich und/oder eine höhere Strahlenausbeute erzielt werden kann. Aufgrund dessen kann die Spaltbreite verringert werden, um eine bessere Abbildungsqualität zu erzielen. Ferner können bei dichter Packung mehrerer Spalte größere Wanddicken realisiert werden, wie sie z.B. bei Gammastrahlung notwendig sind.

**[0024]** Dadurch, dass jeder zusätzliche Spalt jeweils mindestens eine erste zusätzliche nicht-ebene Oberfläche und eine zweite zusätzliche nicht-ebene Oberfläche aufweist, welche ihn von den die Strahlung wenigstens teilweise absorbierenden Bereichen abgrenzen, zu jedem zusätzlichen Spalt eine zugehörige affine Abbildung existiert, die Kontur der ersten zusätzlichen nicht-ebenen Oberfläche nach Anwendung der zugehörigen affinen Abbildung jeweils zumindest teilweise durch dieselbe Funktion  $z(x,y)$  beschrieben werden kann, durch welche die erste nicht-ebene Oberfläche des ersten Spalts zumindest teilweise beschrieben werden kann, und die Kontur der zweiten zusätzlichen nicht-ebenen Oberfläche jeweils zumindest teilweise komplementär zu der Kontur der ersten zusätzlichen nicht-ebenen Oberfläche ist, wird erreicht, dass die zusätzlichen Spalte jeweils ähnliche Abbildungseigenschaften aufweisen wie der erste Spalt.

**[0025]** In bevorzugter Ausführung der Erfindung ist vorgesehen, dass die Menge affiner Abbildungen, welche für den ersten Spalt die Identitätsabbildung sowie für jeden zusätzlichen Spalt die zugehörige affine Abbildung umfasst, in eine Sequenz gebracht werden kann, derart, dass eine die Sequenz erzeugende affine Abbildung existiert, derart, dass zu jedem Paar affiner Abbildungen, welche in der Sequenz aufeinander folgen, die in der Sequenz nachfolgende affine Abbildung des Paares sich durch Verkettung der in der Sequenz vorange-

henden affinen Abbildung des Paares mit der die Sequenz erzeugenden affinen Abbildung ergibt. Dadurch wird erreicht, dass die durch die einzelnen Spalte bewirkten Teilabbildungen in besonders einfacher und regelmäßiger Relation zueinander stehen.

**[0026]** Vorzugsweise ist für jeden zusätzlichen Spalt die zugehörige affine Abbildung jeweils eine Isometrie. Dadurch wird erreicht, dass sich die zusätzlichen Spalte ausbilden lassen, indem nach Ausführen einer der jeweiligen Isometrie entsprechenden Bewegung der Blende ein Verfahren angewendet wird, welches im Wesentlichen dem zur Ausbildung des ersten Spalts angewendeten Verfahren entspricht. Wird außerdem die Sequenz affiner Abbildungen durch eine Isometrie erzeugt, so wird dadurch ferner erreicht, dass zur Ausbildung sämtlicher Spalte jeweils dieselbe Bewegung vor Anwendung des zur Ausbildung eines Spalts angewendeten Verfahrens auszuführen ist.

**[0027]** In weiter bevorzugter Ausführung der Erfindung ist vorgesehen, dass für jeden zusätzlichen Spalt die zugehörige Isometrie sich jeweils als Verkettung einer ersten Isometrie und einer zweiten Isometrie beschreiben lässt, wobei jede der ersten und zweiten Isometrien jeweils entweder eine Translation entlang einer Koordinatenachse oder eine Rotation um eine parallel zu einer Koordinatenachse verlaufende oder mit einer Koordinatenachse zusammenfallende Achse ist. Dadurch wird erreicht, dass die Abbildungseigenschaften der durch die zusätzlichen Spalte bewirkten Teilabbildungen in besonders einfach zu beschreibender Relation zu der durch den ersten Spalt bewirkten Teilabbildung stehen und dass die zur Ausbildung der zusätzlichen Spalte erforderlichen Bewegungen besonders einfach und genau durchzuführen sind.

**[0028]** Insbesondere kann für jeden zusätzlichen Spalt jede der ersten und zweiten Isometrien eine Rotation um eine parallel zu einer Koordinatenachse verlaufende oder mit einer Koordinatenachse zusammenfallende Achse sein. Dadurch wird erreicht, dass die Beschreibung der Relation, in der die Abbildungseigenschaften der durch die zusätzlichen Spalte bewirkten Teilabbildungen zu der durch den ersten Spalt bewirkten Teilabbildung stehen, weiter vereinfacht wird und dass zur Ausbildung der zusätzlichen Spalte keine Verschiebungen erforderlich sind.

**[0029]** In bevorzugter Ausführung ist für jeden zusätzlichen Spalt die erste Isometrie jeweils eine Rotation um einen jeweiligen Winkel  $\alpha$  um eine erste Achse, welche in der x-y-Ebene liegt und parallel zu der y-Achse verläuft oder mit der y-Achse zusammenfällt, und die zweite Isometrie jeweils eine Rotation um einen jeweiligen Winkel  $\beta$  um eine zweite Achse, welche in der x-z-Ebene liegt und parallel zu der z-Achse verläuft oder mit der z-Achse zusammenfällt. Dadurch wird erreicht, dass die durch die Spalte bewirkten Teilabbildungen mindestens in einem vorbestimmten Abstand von der y-z-Ebene aneinander anschließen und dort eine konsistente Gesamtabbildung ergeben. Der Winkel  $\beta$  kann jeweils  $0^\circ$  betragen.

**[0030]** Die erste Achse kann jeweils mit der y-Achse zusammenfallen. Dadurch wird erreicht, dass die durch die Spalte bewirkten Teilabbildungen unabhängig von dem Abstand von der y-z-Ebene aneinander anschließen und eine konsistente Gesamtabbildung ergeben.

**[0031]** In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist für jeden zusätzlichen Spalt die zugehörige affine Abbildung jeweils eine Scherung. In besonders bevorzugter Ausgestaltung der Erfindung ist die Scherung jeweils eine Scherung in y-Richtung parallel zu der y-z-Ebene. Dadurch wird erreicht, dass die Abbildungsfläche unabhängig von dem Abstand der Abbildungsebene zur Blendenmitte vergrößert wird und die Verzerrungen bzw. Unschärfen bei der Überlagerung der durch die Spalte bewirkten Teilabbildungen besonders gering sind.

**[0032]** In weiterer bevorzugter Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass die Funktion  $z(x,y)$  die Form  $z(x,y) = A \cdot x + B \cdot y + C \cdot y \cdot x + n$  aufweist. A, B, C und n sind dabei Konstanten. Dadurch wird eine besonders einfache, linear variierende Oberflächenkontur angegeben, durch welche das Lochkameraprinzip gewährleistet werden kann. Die Durchtrittsöffnung in dem ersten Spalt, welche ein Strahlenbündel mit dem Richtungsvektor  $(1,0,\tan \psi)$  passieren lässt, wandert bei dieser Anordnung für einen größer werdenden Betrachtungswinkel  $\psi$  kontinuierlich von einer Seite der Blende auf die gegenüberliegende Seite.

**[0033]** Vorzugsweise besteht zwischen den jeweiligen Winkeln  $\alpha$  und  $\beta$  und der Konstante B jeweils die Beziehung  $\alpha = B \cdot \beta$ . Dadurch wird erreicht, dass für alle Spalte jeweils dieselbe mathematische Beziehung zwischen Richtungsvektor und Abbildungsort besteht.

**[0034]** Die Konstante A kann den Wert 0 haben, und die Konstante B kann den Wert 0 haben. In diesem Fall entspricht die Form der ersten nicht-ebenen Oberfläche der Form der ersten nicht-ebenen Oberfläche der in der Offenlegungsschrift DE 10 2005 029 674 A1 offenbarten Blende.

**[0035]** In bevorzugter Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass die die Strahlung wenigstens teilweise absorbierenden Bereiche in einem Bereich mit  $x > x_0$  angeordnet sind, wobei  $x_0$  ein konstanter Wert mit  $x_0 \geq 0$  ist. Dadurch wird erreicht, dass der Bereich um  $x = 0$ , in welchem sich die um die y-Achse gedrehten Oberflächenkonturen überschneiden würden, außerhalb der wenigstens teilweise absorbierenden Bereiche liegt, so dass die wenigstens teilweise absorbierenden Bereiche trotz der zusätzlichen Spalte zusammenhängend bleiben.

**[0036]** Ferner ist bevorzugt, dass für jeden zusätzlichen Spalt sich jeweils die Kontur der zweiten zusätzlichen nicht-ebenen Oberfläche relativ zu der Kontur der ersten zusätzlich nicht-ebenen Oberfläche zumindest teilweise in derselben Lage befindet, in welcher sich die Kontur der zweiten nicht-ebenen Oberfläche relativ zu der Kontur der ersten nicht-ebenen Oberfläche befindet. Dadurch wird erreicht, dass die Abbildungseigenschaf-

ten der Spalte übereinstimmen und alle Spalte mit demselben Verfahren ausgebildet werden können.

**[0037]** In bevorzugter Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass der erste Spalt eine in einer Richtung parallel zur optischen Achse x im Wesentlichen konstante Spaltbreite  $h(y)$  aufweist. Die in Richtung des Strahlenbündels sichtbare Durchtrittsöffnung hat dann eine

Größe, welche proportional zum Ausdruck  $\frac{h^2(y)}{\frac{\partial f(y)}{\partial y}}$  ist.

Wenn die Spaltbreite  $h(y)$  so gewählt ist, dass der genannte Ausdruck konstant ist, werden Strahlenbündel gleicher Intensität mit der gleichen Abbildungsqualität abgebildet.

**[0038]** Weiter ist bevorzugt, dass die Breite der Spalte variierbar ist. Hierdurch können die bildgebenden Eigenschaften der Blende an verschiedene Situationen, insbesondere an verschiedene Intensitäten der untersuchten Strahlungsquellen, angepasst werden.

**[0039]** Da der erste Spalt das ideale Lochkameraprinzip nur für Strahlenbündel erfüllt, deren Richtungsvektoren in der x-z-Ebene liegen, ist in einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung vorgesehen, dass die die Strahlung wenigstens teilweise absorbierenden Bereiche um die optische Achse x rotierbar angeordnet sind, so dass die Spalte gedreht werden können. Somit können mehrere Abbildungen eines Gegenstandes angefertigt werden, welche jeweils eine Linie enthalten, für welche ideale Abbildungseigenschaften bestehen.

**[0040]** Als Baumaterial für die Blende kommen alle Werkstoffe in Frage, die in der Lage sind, die von der Strahlungsquelle ausgehende Strahlung effektiv zu absorbieren. Im Falle von Röntgen- oder Gammastrahlen sind dies Schwermetalle mit hoher Ordnungszahl, zum Beispiel Kupfer oder Wolfram. Für Neutronenstrahlen sind dagegen Kunststoffe mit hohem Wasserstoffgehalt, zum Beispiel Polyethylen, geeignet.

**[0041]** Wie oben erwähnt ist es eine vorteilhafte Eigenschaft der erfindungsgemäßen Blende, dass die zusätzlichen Spalte mit demselben oder einem ähnlichen Verfahren ausgebildet werden können wie der erste Spalt. Insbesondere können die Spalte gemäß dem in der deutschen Patentanmeldung mit dem Aktenzeichen 10 2007 057 261.3 offenbarten Verfahren ausgebildet werden.

**[0042]** Die Erfindung stellt daher auch ein Verfahren zur Herstellung einer wie oben beschrieben gestalteten Blende bereit, in welchem eine relative Bewegung zwischen einem Schneidwerkzeug, welches geeignet ist, entlang einer geraden Linie zu schneiden, und einem Werkstück ausgeführt wird derart, dass das Schneidwerkzeug das Werkstück entlang einer Linie schneidet, die einem Strahlengang in der herzustellenden Blende, wobei die relative Bewegung mindestens einmal wiederholt wird und wobei vor jeder Wiederholung der relativen Bewegung das Werkstück bewegt wird.

**[0043]** Vorzugsweise wird das Werkstück entlang ei-

ner unveränderlichen ersten Richtung geschnitten wird. Ferner ist bevorzugt, dass eine Rotationsbewegung des Werkstücks um eine erste Drehachse, welche entlang einer zweiten Richtung senkrecht zur Schneidrichtung des Schneidwerkzeugs verläuft, und gleichzeitig eine Translationsbewegung des Werkstücks entlang der zweiten Richtung ausgeführt werden. Vorzugsweise werden die Rotationsbewegung und die Translationsbewegung des Werkstücks linear gekoppelt.

**[0044]** Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den in den Unteransprüchen genannten Merkmalen.

**[0045]** Die Erfindung wird nachfolgend in Ausführungsbeispielen anhand der zugehörigen Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

- Figur 1 eine bildgebende Einrichtung mit einer erfindungsgemäßen Blende;
- Figur 2 eine nicht-ebene Oberfläche mit eingezeichnetem kartesischen Koordinatensystem und eingezeichneten Strahlengängen;
- Figur 3 ein kartesisches Koordinatensystem mit eingezeichnetem Richtungsvektor in der x-z-Ebene;
- Figur 4a, b eine Blende gemäß Offenlegungsschrift DE 10 2005 029 674 A1 aus zwei Betrachtungsrichtungen;
- Figur 5 eine Blende gemäß Offenlegungsschrift DE 10 2005 029 674 A1 mit gekipptem Spalt;
- Figur 6 (schematisch) eine Testanordnung;
- Figur 7 eine Perspektivansicht einer Blende gemäß einer ersten Ausführung der vorliegenden Erfindung;
- Figur 8 eine Querschnittsansicht der Blende von Figur 7 in Schnittebene A in Blickrichtung a;
- Figur 9 eine Draufsicht der Zentralstrahlen der Blende von Figur 7 in Blickrichtung b;
- Figur 10 eine Perspektivansicht der Blende von Figur 7 und ihrer Zentralstrahlen;
- Figur 11 eine Perspektivansicht einer Blende gemäß einer zweiten Ausführung der vorliegenden Erfindung;
- Figur 12 eine Perspektivansicht zur Verdeutlichung des Aufbaus der Blende von Figur

11;

- Figur 13a, b eine Draufsicht in z-Richtung einer in einer dritten Ausführung der vorliegenden Erfindung verwendeten Scherung;
- Figur 14 eine Perspektivansicht zur Verdeutlichung des Aufbaus einer Blende gemäß der dritten Ausführung der vorliegenden Erfindung; und
- Figur 15 eine Perspektivansicht einer Blende gemäß einer vierten Ausführung der vorliegenden Erfindung.

**[0046]** Figur 1 veranschaulicht das Lochkameraprinzip an einer bildgebenden Einrichtung 200. Von einer Strahlungsquelle 10, zum Beispiel einem Testkörper, wird hochenergetische Strahlung 12, insbesondere Röntgen- oder Gammastrahlung, emittiert. Die Strahlung 12 trifft auf eine Blende 100, durch welche sie begrenzt wird und entlang einer optischen Achse x nach dem Lochkameraprinzip auf einen Abbildungsbereich 14 gerichtet wird. Der Abbildungsbereich 14 ist typischerweise eine Projektionsfläche, auf welcher eine Abbildung des Testkörpers 10 erzeugt wird. Im Abbildungsbereich 14 befindet sich eine Empfangseinheit 16, welche für die Strahlung 12 empfindlich ist, insbesondere ein Detektor oder eine Kamera.

**[0047]** Die erfindungsgemäße Blende 100 umfasst die Strahlung 12 wenigstens teilweise absorbierende Bereiche. Ein erster die Strahlung 12 absorbierender Bereich 18 ist in Figur 2 gezeigt. Er wird durch eine erste nicht-ebene Oberfläche 20 von einem Spalt oder die Strahlung 12 gering absorbierenden Bereich (nicht gezeigt) abgegrenzt. Die Lage des kartesischen Koordinatensystems ist ohne Beschränkung der Allgemeinheit derart gewählt, dass sein Ursprung auf der ersten nicht-ebenen Außenfläche 20 liegt. Die x-Achse fällt mit der optischen Achse zusammen.

**[0048]** Die Oberflächenkontur der in Figur 2 gezeigten nicht-ebenen Oberfläche 20 des die Strahlung 12 absorbierenden Bereichs 18 kann durch eine Funktion der Form  $z(x,y) = C \cdot y \cdot x$  beschrieben werden, d.h. in diesem Fall gilt  $z(x,y) = f(y) \cdot x + n(y)$  mit  $f(y) = C \cdot y$  und  $n(y) = 0$ . Für die in Figur 2 gezeigte Oberfläche gilt  $C < 0$ ; ebenso kann jedoch auch  $C > 0$  gewählt werden. Der die Strahlung 12 absorbierende Bereich 18 ist in diesem Fall ein quaderförmiger, bezüglich des Koordinatensystems symmetrischer Körper aus geeignetem absorbierendem Material (Breite a, Tiefe b). Für harte Strahlung ist dies ein Schwermetall mit möglichst hoher Dichte, zum Beispiel Kupfer oder Wolfram. In Figur 2 sind Strahlengänge 22a, b dargestellt, welche parallel zu den Seitenkanten 24a, b des die Strahlung absorbierenden Bereichs 18 verlaufen. Die Strahlengänge 22a, b entsprechen Richtungsvektoren  $(1, 0, \pm aC/2)$ . Für jeden Richtungsvektor  $(1, 0, z)$ , für welchen  $-aC/2 < z < aC/2$  gilt, gibt es genau

eine parallele Kante auf der nicht-ebenen Oberfläche 20. Für jeden Richtungsvektor mit nicht verschwindender y-Komponente sind dagegen die entsprechenden Linien auf der nicht-ebenen Oberfläche 20 nicht linear.

[0049] Figur 3 zeigt ein kartesisches Koordinatensystem mit eingezeichnetem Richtungsvektor, welcher in der x-z-Ebene liegt und einen Winkel  $\psi$  mit der x-Achse bildet. Strahlung mit einem solchen Richtungsvektor, dessen y-Komponente verschwindet, gelangt durch die erfindungsgemäße Blende an einer Stelle y, an der  $f(y) = \tan \psi$  gilt.

[0050] Figuren 4a, b zeigen zunächst zur Veranschaulichung für zwei Betrachtungswinkel eine Blende gemäß Offenlegungsschrift DE 10 2005 029 674 A1 mit einem einzigen Spalt 32 und zwei die Strahlung absorbierenden Bereichen 18 und 26. Abhängig von der Blickrichtung ist nur an einer Stelle eine Durchsicht durch den Spalt 32 in gerader Richtung möglich. In der jeweiligen Richtung erscheint dadurch eine parallelogrammförmige Durchtrittsöffnung 34. Die Spaltrichtung kann wahlweise waagrecht (Figur 4) oder senkrecht (Figur 5) ausgerichtet sein. Anhand einer zweiten Aufnahme mit derart gedrehter Blende lassen sich Entfernungen zum Objekt anhand großflächiger Konturen abschätzen und gegebenenfalls messen.

[0051] Figur 6 zeigt schematisch eine Testanordnung. Eine kontinuierlich strahlende, leistungsstarke Röntgenröhre 46 erzeugt Strahlung, welche durch eine allseitige Abschirmung, hier eine Bleiwand mit Fenster 48, abgeblendet wird. Die durch das Fenster der Bleiwand 48 hindurchtretende Strahlung fällt auf eine Aluminiumplatte als Streufilter 50. Das eigentliche Testobjekt 10 ist zwischen dem Streufilter 50 und der erfindungsgemäßen Blende 100, welche in einer Abschirmwand 30 aus Blei integriert ist, angeordnet. Als Detektor 16 auf der Projektionsfläche 14 dient ein Röntgenfilm oder eine Bildspeicherfolie (engl.: phosphor imaging plate) in einer Kassette.

[0052] Figur 7 zeigt eine Perspektivansicht einer Blende gemäß einer ersten Ausführung der vorliegenden Erfindung. Eine erste nicht-ebene Oberfläche, welche den ersten Spalt 32 von dem die Strahlung 12 absorbierenden Bereich 28b abgrenzt, kann durch eine Funktion der Form  $z(x,y) = C \cdot y \cdot x$  beschrieben werden. In diesem Ausführungsbeispiel ist  $C > 0$  gewählt; ebenso kann jedoch auch  $C < 0$  gewählt werden. Eine zweite nicht-ebene Oberfläche, welche komplementär zu der ersten nicht-ebenen Oberfläche ist, grenzt den ersten Spalt 32 von dem die Strahlung 12 absorbierenden Bereich 28a ab.

[0053] Die erfindungsgemäße Blende weist außerdem zusätzliche Spalte 32a und 32b auf, welche jeweils durch erste und zweite zusätzliche nicht-ebene Oberflächen von den die Strahlung absorbierenden Bereichen 28a und 26 beziehungsweise 18 und 28b abgegrenzt sind. Dabei ist, wie in Figuren 8 und 9 näher verdeutlicht, jeweils die erste zusätzliche nicht-ebene Oberfläche gegenüber der ersten nicht-ebenen Oberfläche um einen Winkel  $\alpha$  um eine parallel zu der y-Achse verlaufende

Achse gekippt sowie um einen Winkel  $\beta$  um die z-Achse gedreht, und die zweite zusätzliche nicht-ebene Oberfläche ist jeweils komplementär zu der ersten zusätzlichen nicht-ebenen Oberfläche.

5 [0054] In diesem Ausführungsbeispiel weist die Blende zwei zusätzliche Spalte auf; es können jedoch beliebig viele zusätzliche Spalte hinzugefügt werden, um die Abbildungseigenschaften der Blende weiter zu verbessern. Dabei ergibt sich vorzugsweise die räumliche Lage jedes weiteren Spalts aus der räumlichen Lage des benachbarten Spalts jeweils durch dieselbe Isometrie.

10 [0055] Figur 8 zeigt eine Querschnittsansicht der Blende von Figur 7 in Schnittebene A in Blickrichtung a, mit dem ersten Spalt 32, den zusätzlichen Spalten 32a und 32b sowie den die Strahlung absorbierenden Bereichen 18, 28a, 28b und 26. Die zusätzlichen Spalte 32a und 32b sind jeweils gegenüber dem ersten Spalt 32 um einen Winkel  $\alpha$  um eine parallel zu der y-Achse durch die Empfangseinheit 16 verlaufende Achse gekippt, so dass die Zentralstrahlen der Spalte bei der Empfangseinheit 16 konvergieren. Wenn die Spalte relativ zur Abbildungsebene eng beieinander gelegt werden, kann der Winkel  $\alpha$  so klein gehalten werden, dass Verzerrungen aufgrund des schrägen Einfalls auf die Bildfläche vernachlässigbar sind und die bekannten Näherungen für kleine Winkel ( $\sin \alpha \approx \tan \alpha$ ) angewendet werden können.

20 [0056] Figur 9 zeigt eine Draufsicht der Zentralstrahlen der Blende von Figur 7 in Blickrichtung b. Die Zentralstrahlen 36a, 36b der zusätzlichen Spalte sind gegenüber dem Zentralstrahl 36 des ersten Spalts um einen Winkel  $\beta$  um die z-Achse gedreht. Die überlagerten Grundrisse dienen nur der Verdeutlichung der Ausrichtung und beziehen sich nicht auf den Blendenkörper. Der Winkel  $\beta$  kann frei gewählt werden; er bestimmt die Entfernung bzw. Überlappung der benachbarten Teilabbildungen.

25 [0057] Figur 10 zeigt eine Perspektivansicht der Blende von Figur 7, mit dem ersten Spalt 32, den zusätzlichen Spalten 32a und 32b, den die Strahlung absorbierenden Bereichen 18, 28a, 28b und 26 sowie dem Zentralstrahl 36 des ersten Spalts 32 und den Zentralstrahlen 36a und 36b der zusätzlichen Spalte 32a und 32b. In der x-y-Ebene münden alle Strahlen aus einer Durchgangsrichtung exakt auf eine waagerechte Bildachse 38, so dass eine Aneinanderreihung der durch die Spalte bewirkten Teilabbildungen gewährleistet ist.

30 [0058] Figur 11 zeigt eine Perspektivansicht einer Blende gemäß einer zweiten Ausführung der vorliegenden Erfindung. Auch diese Blende weist einen ersten Spalt 32 und zusätzliche Spalte 32a und 32b sowie die Strahlung 12 absorbierende Bereiche 18, 28a, 28b und 26 auf. Die erste nicht-ebene Oberfläche, welche den ersten Spalt 32 von dem die Strahlung 12 absorbierenden Bereich 28b abgrenzt, kann wiederum durch eine Funktion der Form  $z(x,y) = C \cdot y \cdot x$  beschrieben werden. In diesem Ausführungsbeispiel ist  $C < 0$  gewählt; ebenso kann jedoch auch  $C > 0$  gewählt werden.

35 [0059] Die zweite Ausführung der vorliegenden Erfin-

dung unterscheidet sich in zwei wesentlichen Merkmalen von der ersten Ausführung. Zum einen fällt die Achse, bezüglich welcher die zusätzlichen Spalte gegenüber dem ersten Spalt um den Winkel  $\alpha$  gekippt sind, in dieser Ausführung mit der y-Achse zusammen. Dadurch ist in dieser Ausführung kein fester Abstand vorgegeben, in dem die Empfangseinheit 16 relativ zu der Blende angeordnet werden muss.

**[0060]** Zum anderen liegt in dieser Ausführung die y-Achse außerhalb des Blendenkörpers. Dies ist in Figur 12 näher verdeutlicht.

**[0061]** Figur 12 zeigt eine Perspektivansicht zur Verdeutlichung des Aufbaus der Blende von Figur 11. Der Klarheit halber ist nur der erste Spalt 32 gezeigt. Außer dem Umriss der Blende 100' gemäß der zweiten Ausführung der vorliegenden Erfindung ist zum Vergleich der Umriss der Blende 100 der ersten Ausführung gezeigt. Ferner sind jeweils die Schnittlinien des ersten Spalts 32 mit den äußeren Grenzflächen der beiden Blenden eingezeichnet. Die Blende 100' ist im Vergleich zu der Blende 100 bei einer x-Koordinate  $x_0$  mit  $x_0 \geq 0$  abgeschnitten; hingegen ist sie in Richtung höherer x-Koordinaten im Vergleich zu der Blende 100 erweitert. Die Strahlenführung ist dabei gegenüber der ersten Ausführung unverändert.

**[0062]** Durch diese asymmetrische Gestaltung kommt die y-Achse außerhalb des Blendenkörpers zu liegen. Dadurch ist es möglich, die Spalte relativ zueinander um die y-Achse gekippt anzuordnen, ohne dass dabei der Blendenkörper zerfällt. Dadurch wird es besonders einfach, weitere Spalte hinzuzufügen, und die einzelnen Spalte können enger gestaltet werden. Zur Herstellung einer Blende gemäß dieser zweiten Ausführung der vorliegenden Erfindung könnten beispielsweise viele Spalte durch Stapeln entsprechend geformter Bleche mit keilförmigen Profilen verwirklicht werden.

**[0063]** Figur 13 zeigt eine Draufsicht in z-Richtung einer in einer dritten Ausführung der vorliegenden Erfindung verwendeten Scherung. Es handelt sich um eine Scherung in y-Richtung parallel zu der y-z-Ebene. Figur 13a zeigt den ungescherten ersten Spalt, und Figur 13b zeigt den gescherten zusätzlichen Spalt. In Figur 13b ist ferner der Scherungswinkel  $\gamma$  eingezeichnet, den die gescherte x-Achse mit der ungescherten x-Achse bildet.

**[0064]** Figur 14 zeigt eine Perspektivansicht zur Verdeutlichung des Aufbaus einer Blende gemäß der dritten Ausführung der vorliegenden Erfindung. Der erste Spalt 32 und ein zusätzlicher, gemäß der in Figur 13 dargestellten Scherung gescherter Spalt 32a sind gezeigt. Es können jedoch beliebig viele zusätzliche Spalte hinzugefügt werden; Grenzen sind nur durch die mechanische Stabilität des Blendenmaterials sowie durch die Notwendigkeit, eine für die Abschirmung hinreichende Schichtdicke zu bewahren, gesetzt. Aufgrund der Scherung stören sich die Spalte nicht gegenseitig in ihrem Verlauf.

**[0065]** Außer dem Umriss der Blende 100" gemäß der dritten Ausführung der vorliegenden Erfindung sind zum Vergleich die Umrisse der Blende 100 der ersten Aus-

führung sowie der Blende 100' der zweiten Ausführung gezeigt. Ferner sind die Schnittlinien des ersten Spalts 32 mit dem Umriss der Blende 100', die Schnittlinien des zusätzlichen Spalts 32a mit dem Umriss der Blende 100" sowie der Scherungswinkel  $\gamma$  eingezeichnet. Die Blende 100" ist im Vergleich zu der Blende 100' in y-Richtung erweitert, so dass der gemäß der in Figur 14 dargestellten Scherung gescherte zusätzliche Spalt 32a darin Platz findet.

**[0066]** Je größer der Scherungswinkel  $\gamma$  gewählt wird, desto breiter wird die Gesamtabbildung. Da die Intensität der Teilabbildungen von der Mitte eines jeden Spalts seitwärts abnimmt, sollte bei der Wahl des Scherungswinkels  $\gamma$  eine Überlappung der Teilbilder der einzelnen Spalte vorgesehen werden.

**[0067]** Figur 15 ist eine Perspektivansicht einer Blende gemäß einer vierten Ausführung der vorliegenden Erfindung. Wiederum sind der erste Spalt 32 und ein zusätzlicher Spalt 32a gezeigt, wobei weitere Spalte hinzugefügt werden können. Die Blende gemäß der vierten Ausführung der vorliegenden Erfindung besteht aus zwei Blenden gemäß der dritten Ausführung der vorliegenden Erfindung, welche an ihren Zentralachsen zusammengefügt sind. Dadurch lässt sich eine höhere Wanddicke für besonders hochenergetische Strahlung erreichen.

## BEZUGSZEICHENLISTE

### [0068]

100(')(")	Blende
200	bildgebende Einrichtung
10	Strahlungsquelle/Testobjekt
12	(hochenergetische) Strahlung/Strahlungsfeld
14	Abbildungsbereich/Projektionsfläche
16	Empfangseinheit/Detektor/Kamera
18	Strahlung absorbierender Bereich
20	erste nicht-ebene Oberfläche
22a, b	Strahlengänge/Strahlenbündel
24a, b	Seitenkanten
26	Strahlung absorbierender Bereich
28a, b	Strahlung absorbierende Bereiche
30	Abschirmelement/Abschirmwand
32	(erster) Spalt
32a, b	zusätzliche Spalte
34	Durchtrittsöffnung
36	erster Zentralstrahl
36a, b	zusätzliche Zentralstrahlen
38	Bildachse
46	Röntgenröhre
48	Bleiwand mit Fenster
50	Streufilter/Aluminiumplatte

## Patentansprüche

1. Blende (100), insbesondere für eine bildgebende

Einrichtung (200), welche geeignet ist, von einer Strahlungsquelle (10) ausgehende, insbesondere hochenergetische, Strahlung (12) zu begrenzen und entlang einer optischen Achse  $x$  nach dem Lochkammeraprinzip auf einen Abbildungsbereich (14) zu richten,

wobei die Blende (100) die Strahlung (12) wenigstens teilweise absorbierende Bereiche (18, 28a, 28b, 26) umfasst und

wobei in der Blende (100) ein erster Spalt (32) oder zumindest ein erster die Strahlung (12) gering absorbierender Bereich vorhanden ist, welcher mindestens eine erste nicht-ebene Oberfläche und eine zweite nicht-ebene Oberfläche aufweist, welche ihn von den die Strahlung (12) wenigstens teilweise absorbierenden Bereichen (18, 28a, 28b, 26) abgrenzen,

wobei die Kontur der ersten nicht-ebenen Oberfläche zumindest teilweise durch eine Funktion  $z(x,y) = f(y) \cdot x + n(y)$  beschrieben werden kann und

wobei die Kontur der zweiten nicht-ebenen Oberfläche zumindest teilweise komplementär zu der Kontur der ersten nicht-ebenen Oberfläche ist,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

in der Blende (100) mindestens ein zusätzlicher Spalt (32a, 32b) oder zumindest mindestens ein zusätzlicher die Strahlung (12) gering absorbierender Bereich vorhanden ist,

wobei jeder zusätzliche Spalt (32a, 32b) oder die Strahlung (12) gering absorbierende Bereich jeweils mindestens eine erste zusätzliche nicht-ebene Oberfläche und eine zweite zusätzliche nicht-ebene Oberfläche aufweist, welche ihn von den die Strahlung (12) wenigstens teilweise absorbierenden Bereichen (18, 28a, 28b, 26) abgrenzen, und wobei zu jedem zusätzlichen Spalt (32a, 32b) oder die Strahlung (12) gering absorbierenden Bereich eine zugehörige affine Abbildung existiert, wobei jeweils die Kontur der ersten zusätzlichen nicht-ebenen Oberfläche nach Anwendung der zugehörigen affinen Abbildung zumindest teilweise durch die Funktion  $z(x,y)$  beschrieben werden kann und

wobei jeweils die Kontur der zweiten zusätzlichen nicht-ebenen Oberfläche zumindest teilweise komplementär zu der Kontur der ersten zusätzlichen nicht-ebenen Oberfläche ist.

2. Blende (100) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Menge affiner Abbildungen, welche die Identitätsabbildung sowie für jeden zusätzlichen Spalt (32a, 32b) oder die Strahlung (12) gering absorbierenden Bereich die zugehörige affine Abbildung umfasst, in eine Sequenz gebracht werden kann, derart, dass eine die Sequenz erzeugende affine Abbildung existiert, derart, dass zu jedem Paar affiner Abbildungen, welche in der Sequenz aufeinander folgen,

die in der Sequenz nachfolgende affine Abbildung des Paares sich durch Verkettung der in der Sequenz vorangehenden affinen Abbildung des Paares mit der die Sequenz erzeugenden affinen Abbildung ergibt.

3. Blende (100) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** für jeden zusätzlichen Spalt (32a, 32b) oder die Strahlung (12) gering absorbierenden Bereich die zugehörige affine Abbildung jeweils eine Isometrie ist.

4. Blende (100) nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** für jeden zusätzlichen Spalt (32a, 32b) oder die Strahlung (12) gering absorbierenden Bereich die Isometrie sich jeweils als Verkettung einer ersten Isometrie und einer zweiten Isometrie beschreiben lässt,

wobei jede der ersten und zweiten Isometrien jeweils entweder eine Translation entlang einer Koordinatenachse oder eine Rotation um eine parallel zu einer Koordinatenachse verlaufende oder mit einer Koordinatenachse zusammenfallende Achse ist.

5. Blende (100) nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** für jeden zusätzlichen Spalt (32a, 32b) oder die Strahlung (12) gering absorbierenden Bereich die erste Isometrie jeweils eine Rotation um einen jeweiligen Winkel  $\alpha$  um eine erste Achse ist, welche in der  $x$ - $y$ -Ebene liegt und parallel zu der  $y$ -Achse verläuft oder mit der  $y$ -Achse zusammenfällt und die zweite Isometrie jeweils eine Rotation um einen jeweiligen Winkel  $\beta$  um eine zweite Achse ist, welche in der  $x$ - $z$ -Ebene liegt und parallel zu der  $z$ -Achse verläuft oder mit der  $z$ -Achse zusammenfällt.

6. Blende (100) nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** für jeden zusätzlichen Spalt (32a, 32b) oder die Strahlung (12) gering absorbierenden Bereich die zweite Achse jeweils mit der  $z$ -Achse zusammenfällt und/oder die erste Achse jeweils mit der  $y$ -Achse zusammenfällt und/oder der Winkel  $\beta$  jeweils  $0^\circ$  beträgt.

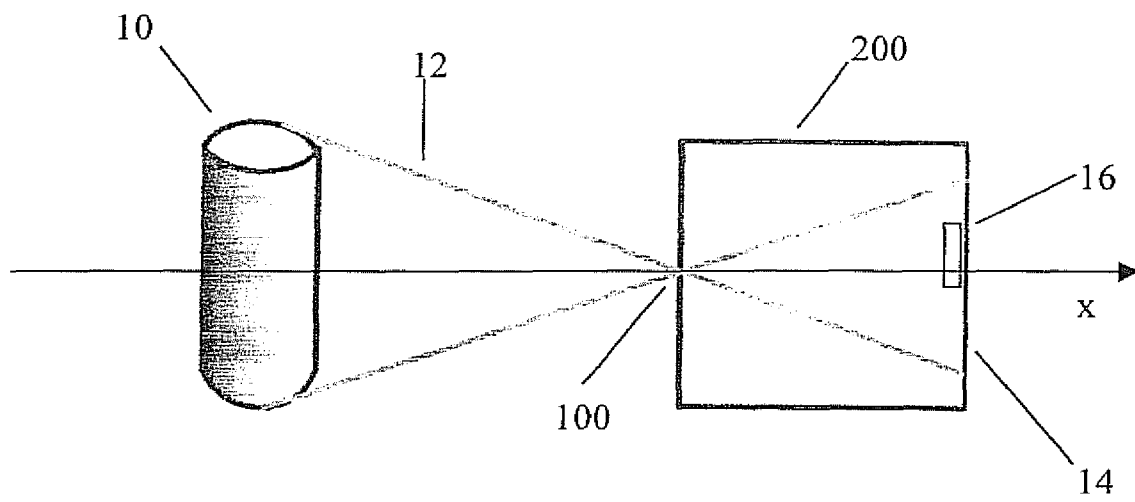
7. Blende (100) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** für jeden zusätzlichen Spalt (32a, 32b) oder die Strahlung (12) gering absorbierenden Bereich die zugehörige affine Abbildung jeweils eine Scherung in  $y$ -Richtung parallel zu der  $y$ - $z$ -Ebene ist.

8. Blende (100) nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass**

die Funktion  $z(x,y)$  die Form  $z(x,y) = A^*x + B^*y + C^*y^*x + n$  aufweist.

9. Blende (100) nach den Ansprüchen 6, 7 und 8,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** 5  
für jeden zusätzlichen Spalt (32a, 32b) oder die  
Strahlung (12) gering absorbierenden Bereich die  
jeweiligen Winkel  $\alpha$  und  $\beta$  jeweils durch die Gleichung  $\alpha = B^*\beta$  verknüpft sind. 10
10. Blende (100) nach einem der Ansprüche 8 oder 9,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
die Konstante A den Wert 0 und/oder die Konstante B den Wert 0 hat. 15
11. Blende (100) nach einem der vorangehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
die die Strahlung (12) wenigstens teilweise absorbierenden Bereiche (18, 28a, 28b, 26) in einem Bereich mit  $x > x_0$  angeordnet sind, wobei  $x_0$  ein konstanter Wert mit  $x_0 \geq 0$  ist. 20
12. Verfahren zur Herstellung einer Blende (100) gemäß einem der vorangehenden Ansprüche, in welchem eine relative Bewegung zwischen einem Schneidwerkzeug, welches geeignet ist, entlang einer geraden Linie zu schneiden, und einem Werkstück ausgeführt wird derart, dass das Schneidwerkzeug das Werkstück entlang einer Linie schneidet, die einem Strahlengang in der herzustellenden Blende (100) entspricht, 25  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
die relative Bewegung mindestens einmal wiederholt wird, 30  
wobei vor jeder Wiederholung der relativen Bewegung das Werkstück bewegt wird. 35
13. Verfahren nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Werkstück entlang einer unveränderlichen ersten Richtung (x) geschnitten wird. 40
14. Verfahren nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Rotationsbewegung des Werkstücks um eine erste Drehachse, welche entlang einer zweiten Richtung (z) senkrecht zur Schneidrichtung (x) des Schneidwerkzeugs verläuft, und gleichzeitig eine Translationsbewegung des Werkstücks entlang der zweiten Richtung (z) ausgeführt werden. 45  
50
15. Verfahren nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Rotationsbewegung und die Translationsbewegung des Werkstücks linear gekoppelt werden. 55

Fig. 1



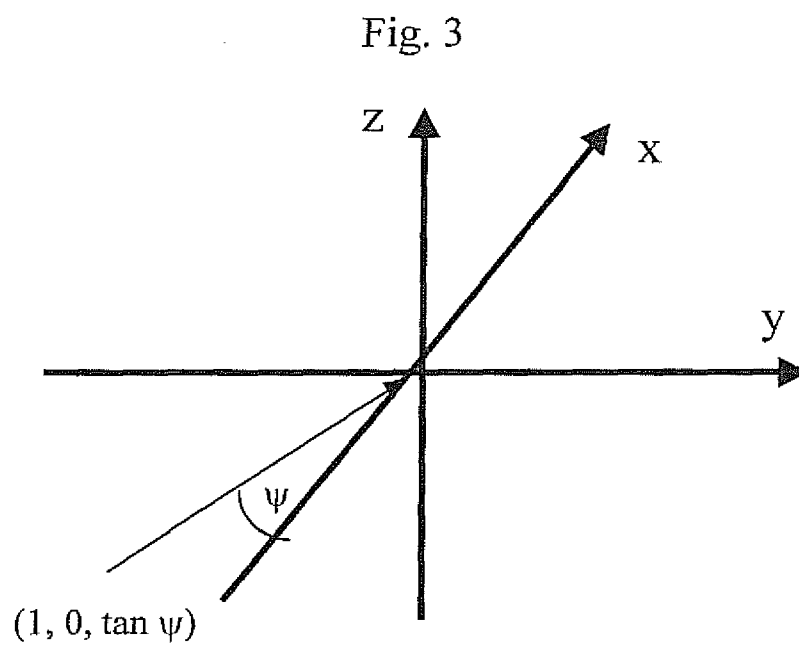
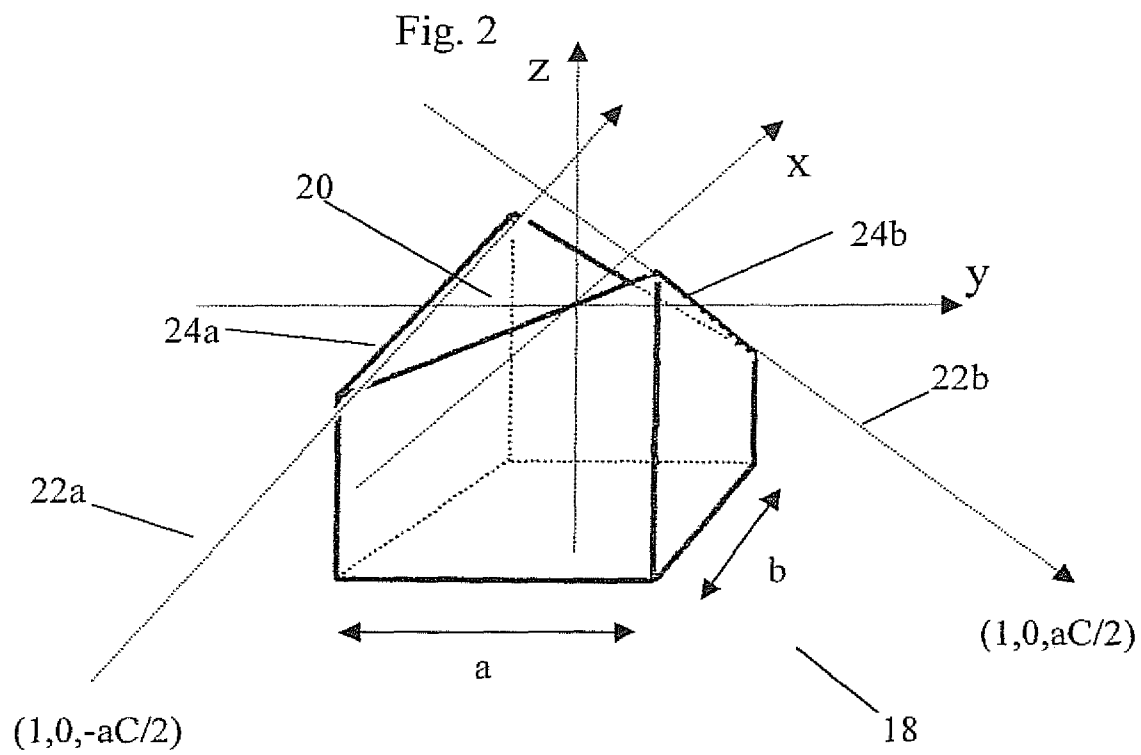


Fig. 4a

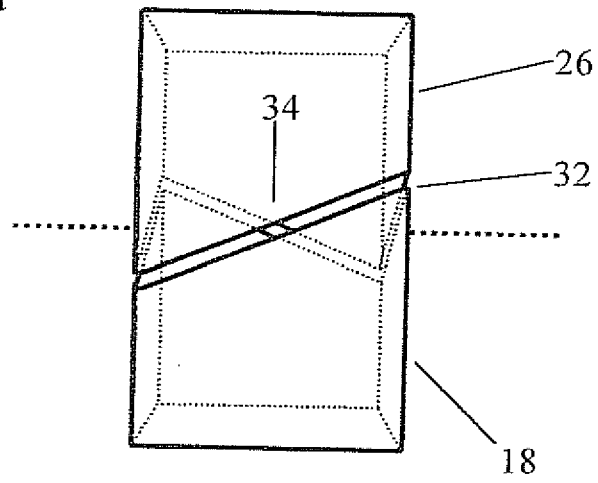


Fig. 4b

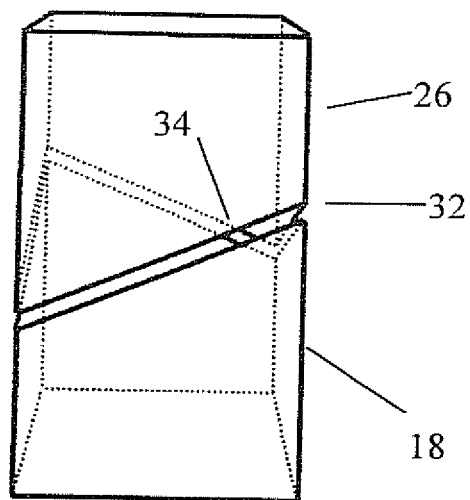
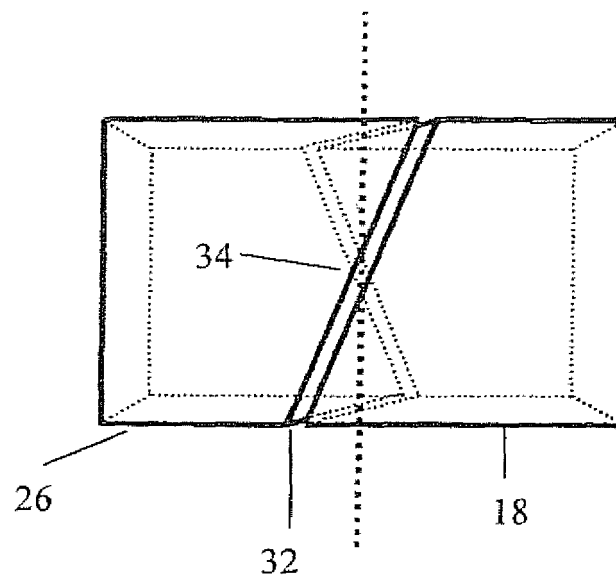


Fig. 5



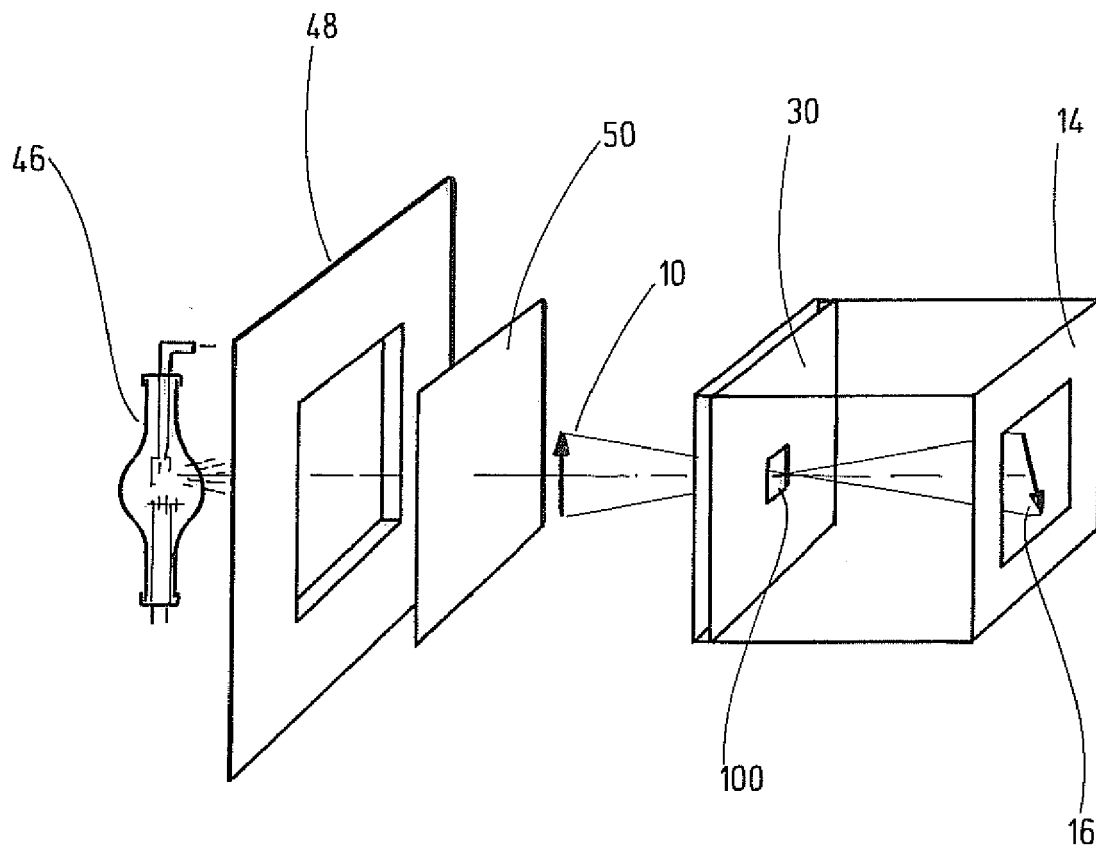


Fig.6

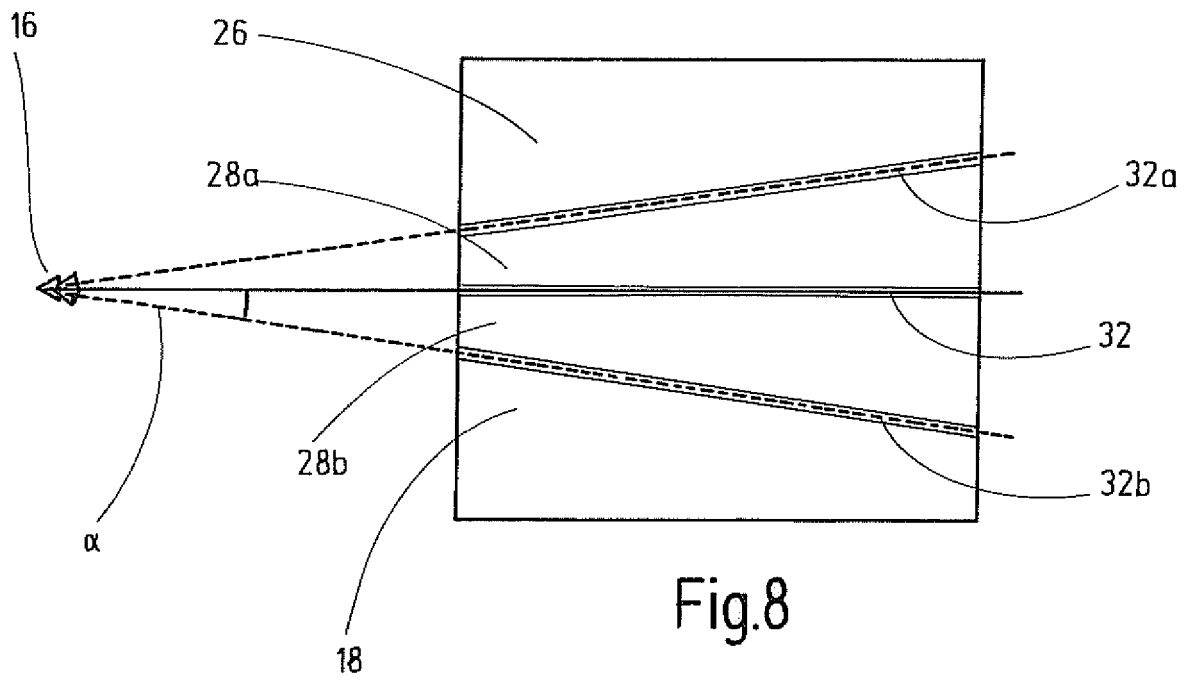
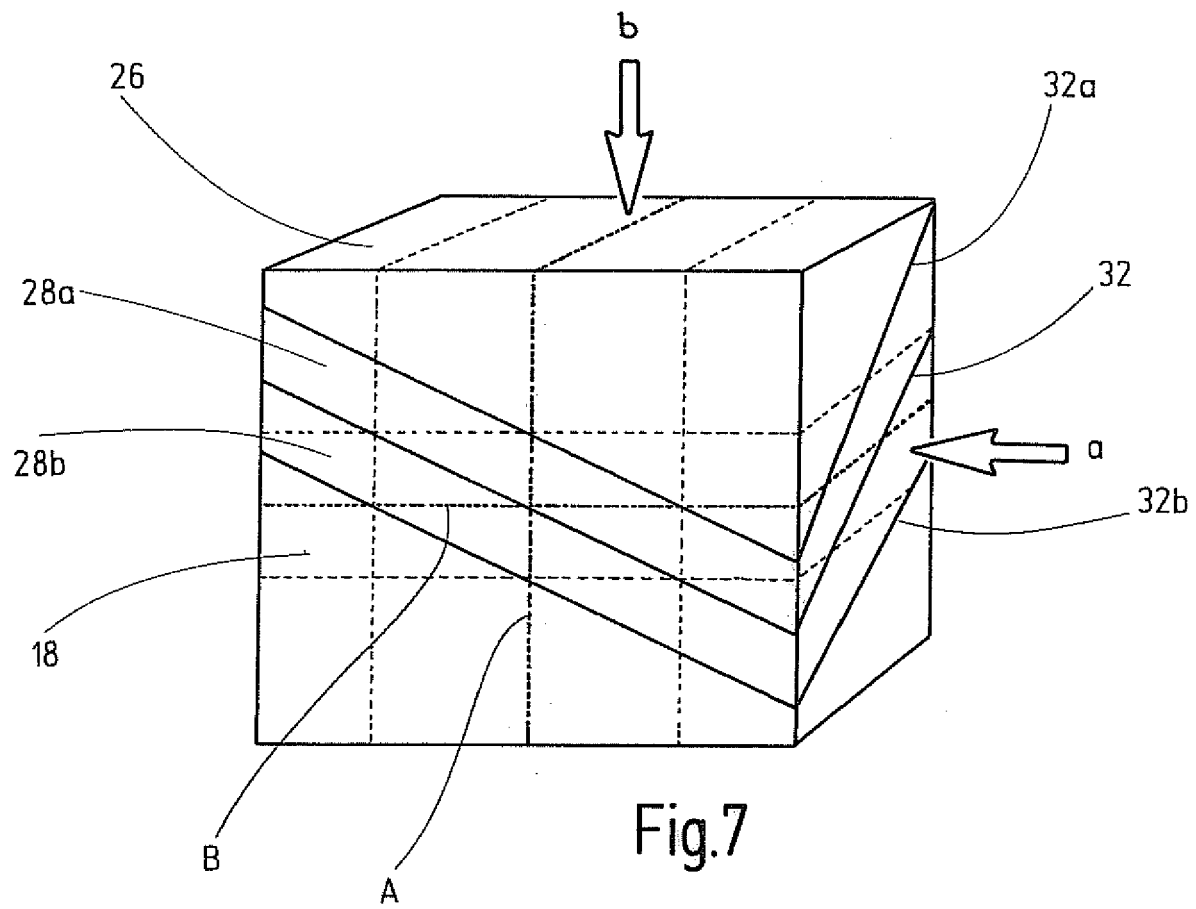


Fig. 9

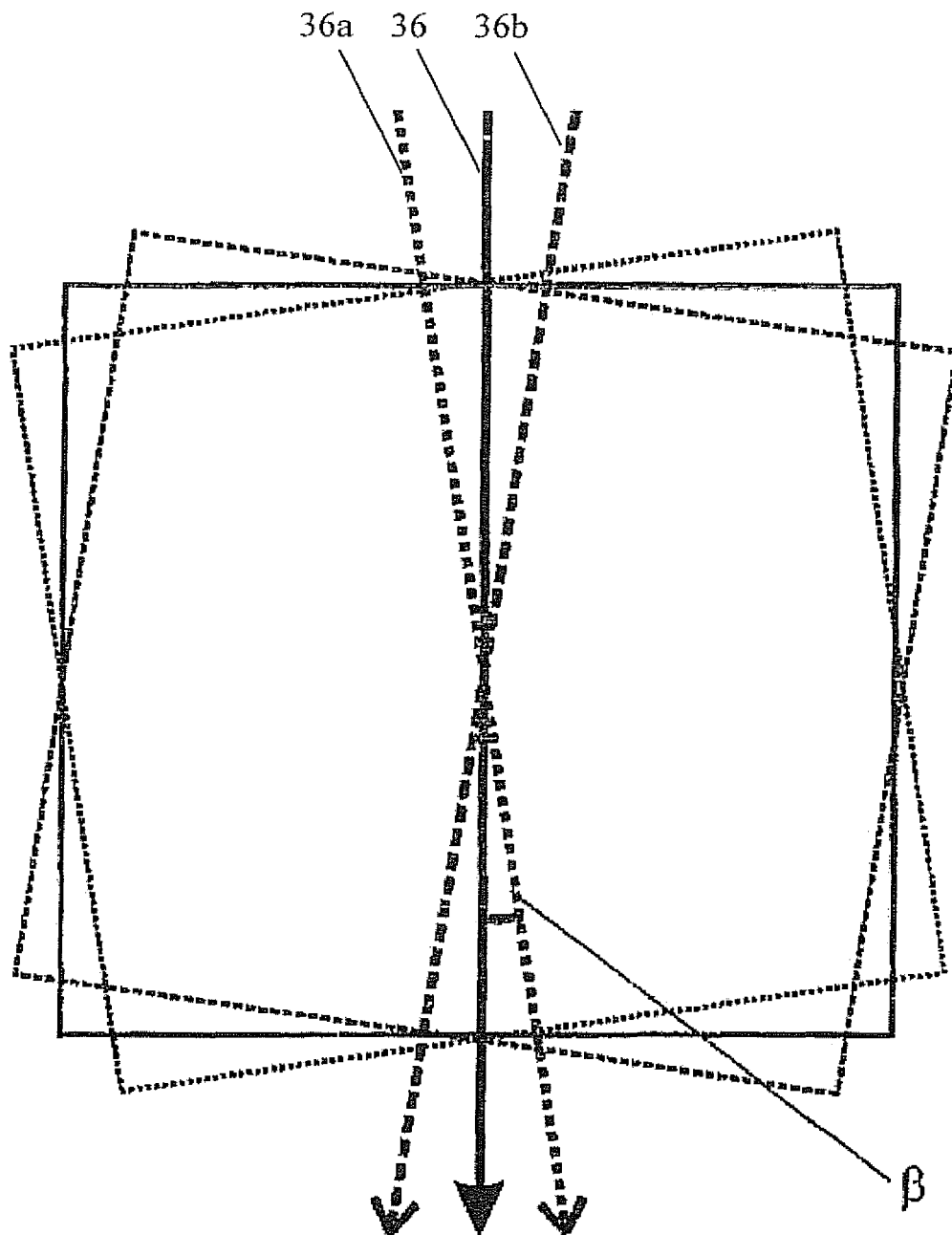


Fig. 10

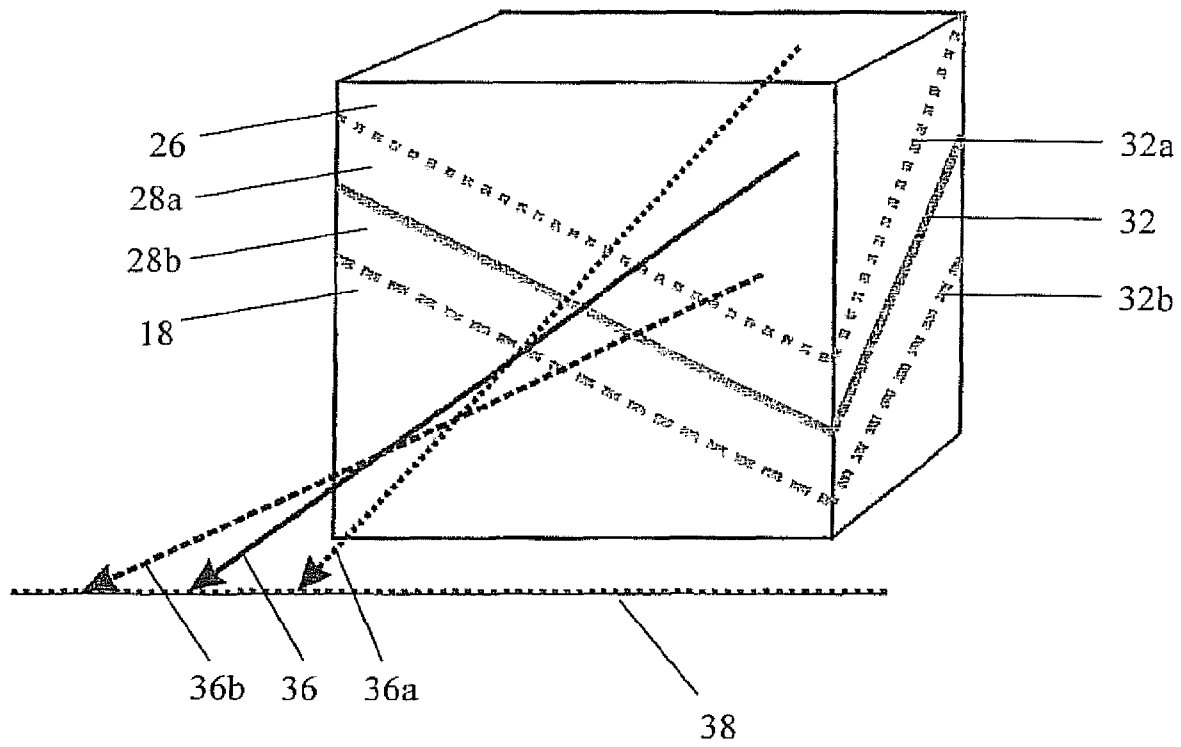


Fig. 11

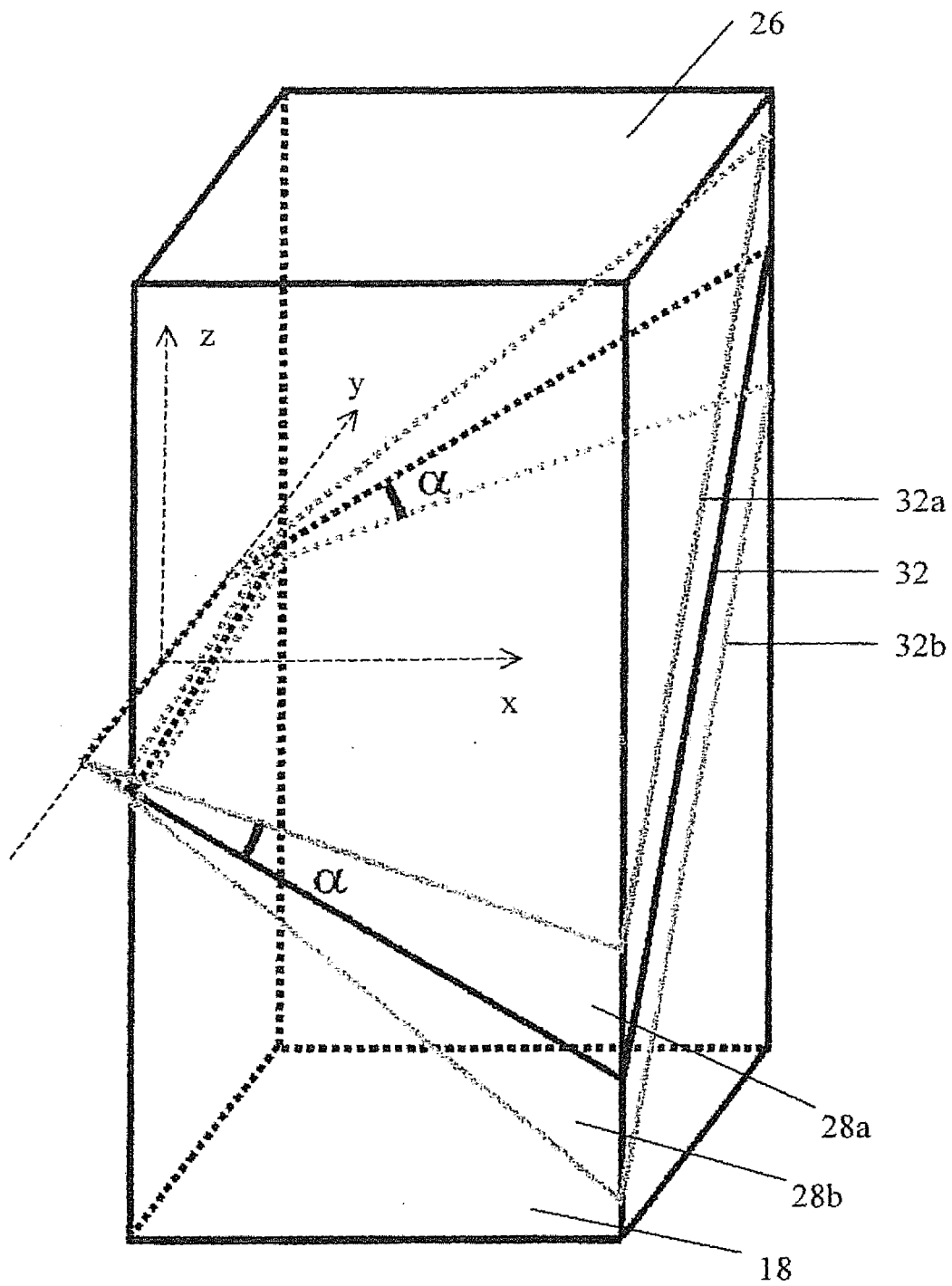


Fig. 12

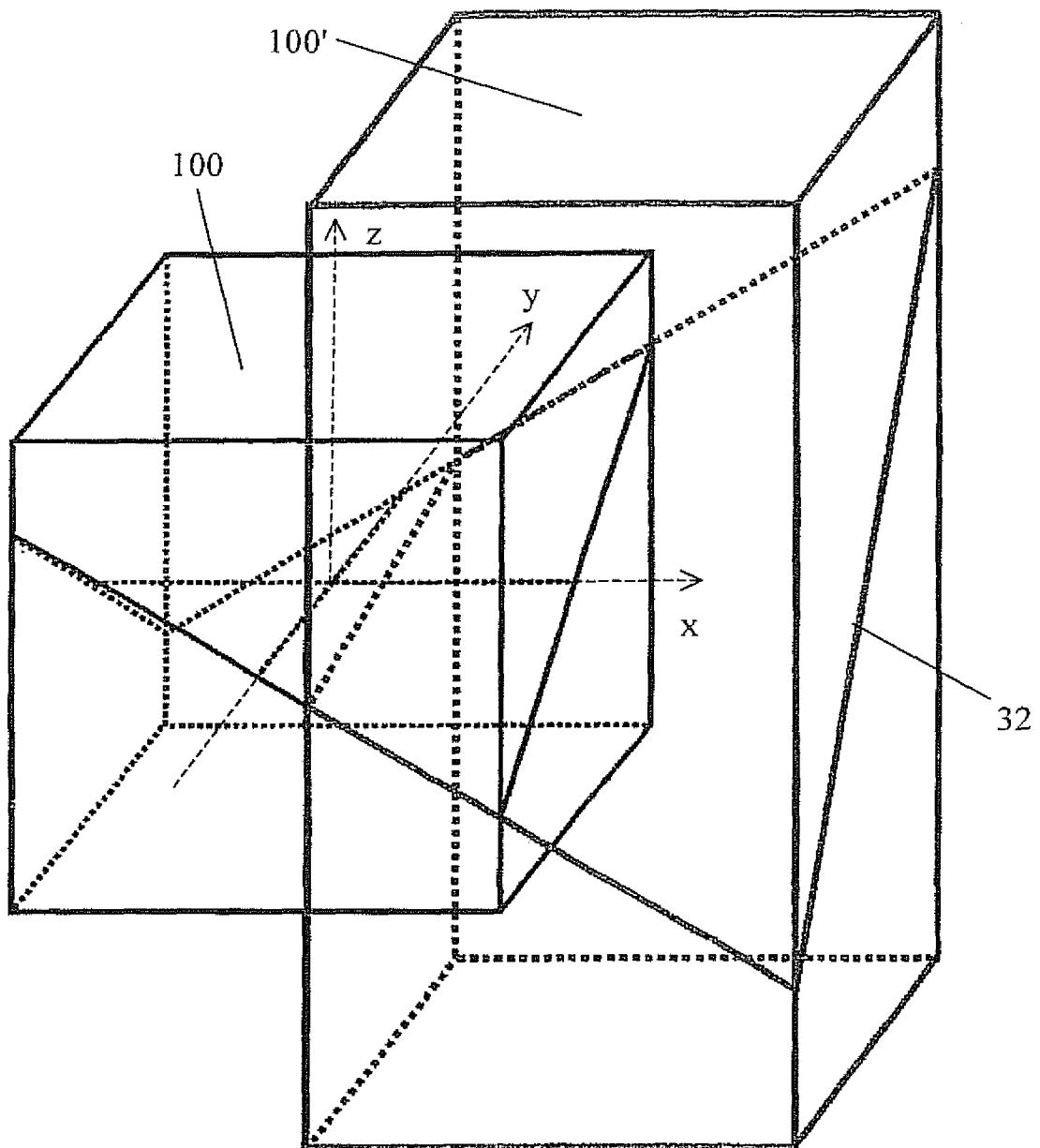


Fig. 13

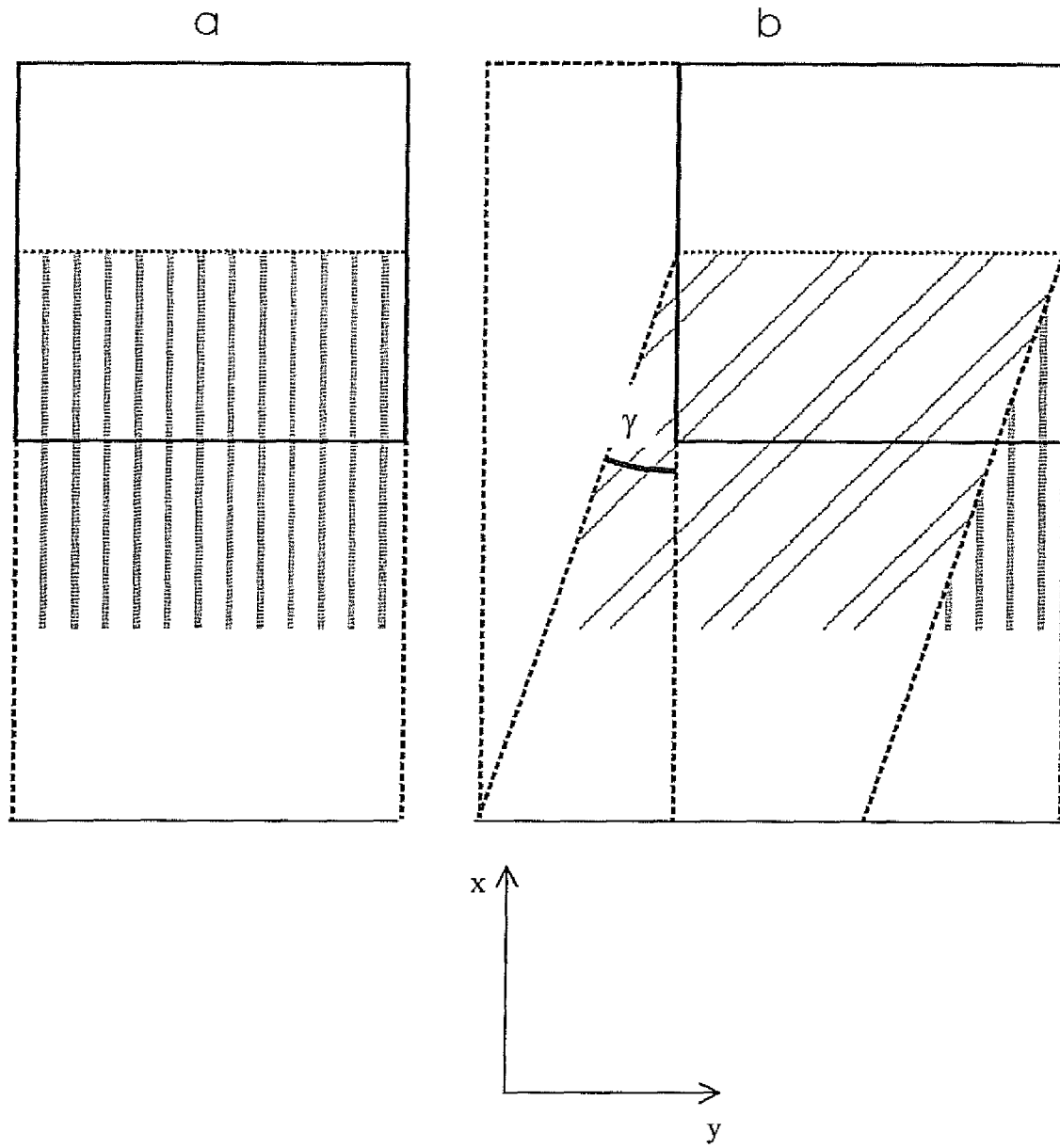


Fig. 14

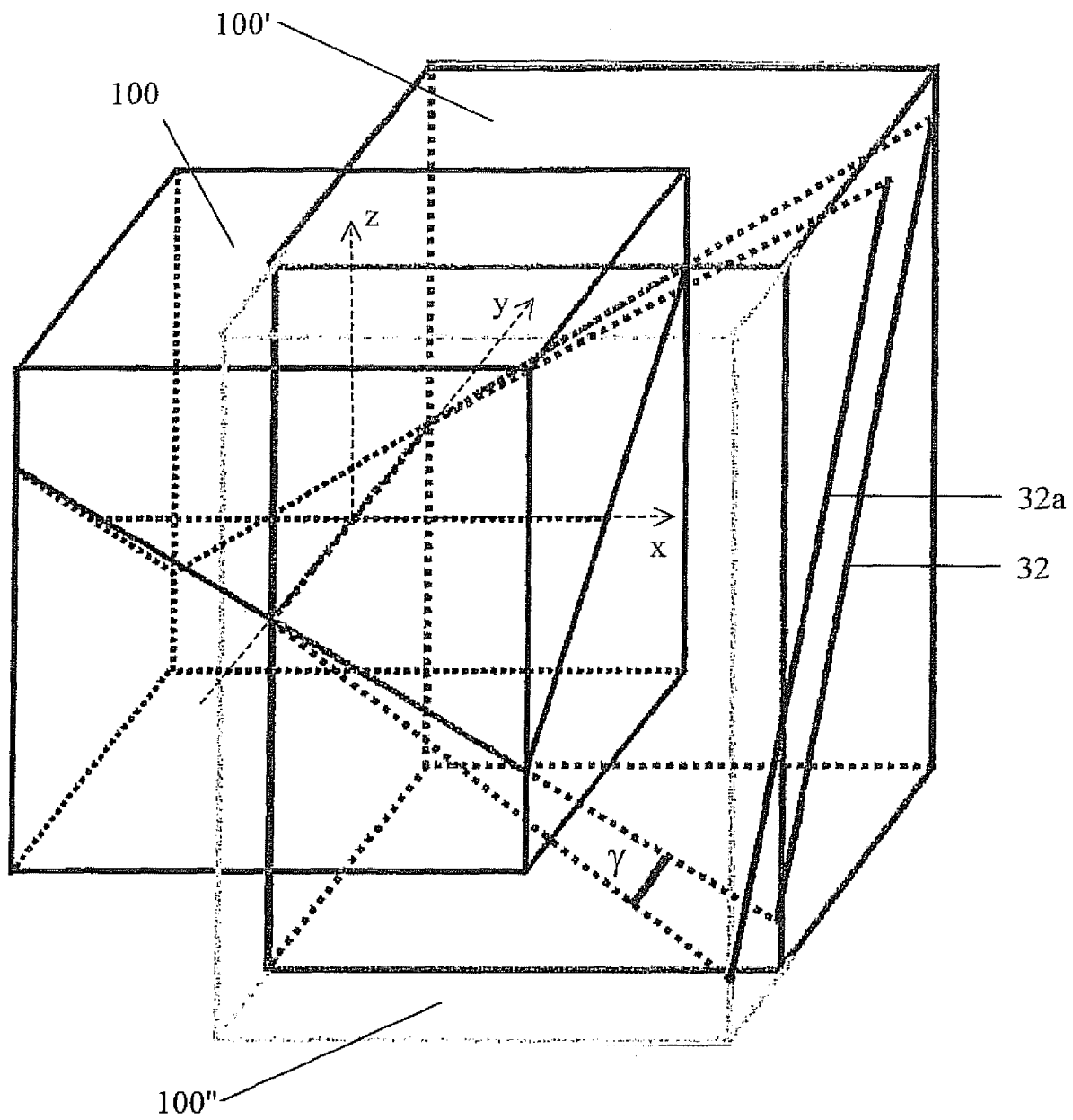
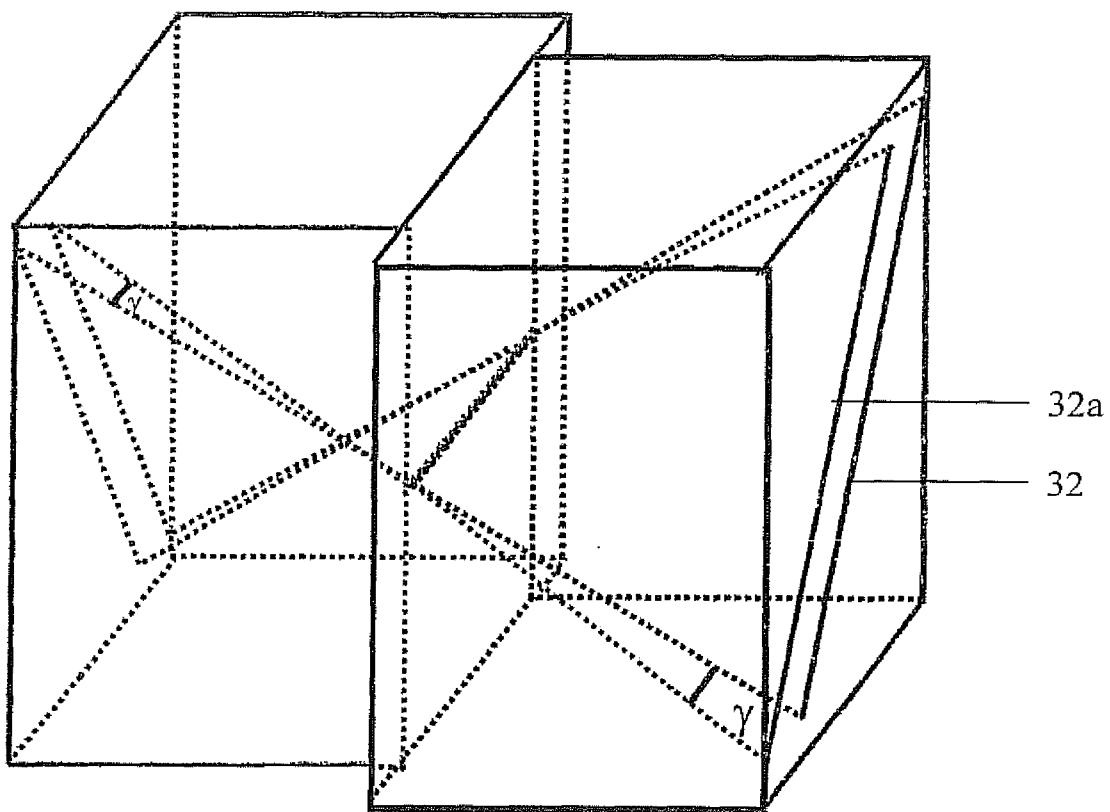


Fig. 15



**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

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

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- DE 69001117 [0006]
- DD 240091 [0007]
- DE 4000507 [0008]
- DE 19603212 [0009]
- US 6377661 B [0010]
- GB 1046337 A [0010]
- DE 102005029674 A1 [0012] [0014] [0015] [0017]  
[0034] [0045] [0050]
- DE 102007057261 [0015] [0041]