

(19)



(11)

**EP 2 482 288 A1**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
**01.08.2012 Patentblatt 2012/31**

(51) Int Cl.:  
**G21K 1/02<sup>(2006.01)</sup>**

(21) Anmeldenummer: **11152907.9**

(22) Anmeldetag: **01.02.2011**

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

- **Zscherpel, Uwe**  
16548 Glienicke (DE)
- **Ewert, Uwe**  
14513 Teltow (DE)
- **Rotsch, Steffen**  
14550 Groß Kreutz (Havel) (DE)

(71) Anmelder: **BAM Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung**  
**12205 Berlin (DE)**

(74) Vertreter: **Gulde Hengelhaupt Ziebig & Schneider Patentanwälte - Rechtsanwälte**  
**Wallstrasse 58/59**  
**10179 Berlin (DE)**

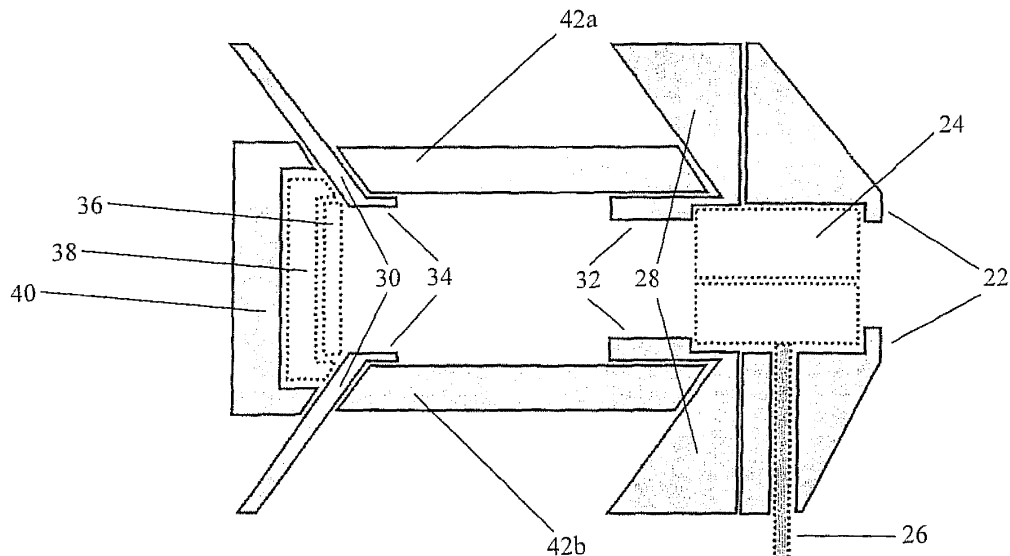
(72) Erfinder:  
• **Osterloh, Kurt**  
**10711 Berlin (DE)**

(54) **Modulare bildgebende Vorrichtung für hochenergetische Strahlung mit Schlitzblende in Regelflächenform**

(57) Die Erfindung betrifft eine bildgebende Vorrichtung (10) mit einer Schlitzblende (24, 64), wobei die Oberflächenkontur mindestens eines Absorptionselements der Schlitzblende (24, 64) zumindest teilweise eine Re-

gelfläche bildet. Die bildgebende Vorrichtung umfasst Aufnahmemittel (32, 34, 72, 74) für austauschbare Abschirmmittel (40, 42a, ..., 42f, 44, 50a, 50b, 50c, 52, 54, 56, 58, 82a, 82b, 84a, 84b).

Figur 3



**EP 2 482 288 A1**

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine bildgebende Vorrichtung, insbesondere eine modulare bildgebende Vorrichtung für hochenergetische Strahlung mit einer Schlitzblende in Regelflächenform, 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 Expositionszeit ohne jegliche Betätigung irgendwelcher Bedienungselemente.

**[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 Durchdringungsvermögens 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 -dichte 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. Bei energiereicher Strahlung liegt bei den aus dem Stand der Technik bekannten Lösungen aufgrund der erforderlichen Materialdicke eine erhebliche Abweichung vom idealen Lochkameraprinzip vor.

**[0006]** In den Patentschriften DE 10 2005 029 674, DE 10 2008 025 109.7-54, EP 09 178 329.0 und DE 10 2009 021 750.9-54 sind Schlitzblenden offenbart, die einige der beschriebenen Nachteile überwinden. Diesen Schlitzblenden ist gemeinsam, dass jeweils die Oberflächenkontur mindestens eines Absorptionselements der Schlitzblende zumindest teilweise eine Regelfläche bildet. Unter einem Absorptionselement ist hier ein Element zu verstehen, das zumindest einen Bereich aufweist, welcher die eintreffende Strahlung zumindest teilweise absorbiert. Unter einer Regelfläche ist eine Fläche zu verstehen, bei der zu jedem Punkt auf der Fläche eine Gerade existiert, die vollständig in der Fläche liegt. Diese vollständig in der Fläche liegenden Geraden werden als die die Regelfläche erzeugenden Geraden bezeichnet.

**[0007]** Um eine möglichst kontrastreiche Abbildung zu erhalten, muss Strahlung, die nicht zu der Abbildung beiträgt, möglichst vollständig abgeschirmt werden. Vorzugsweise machen

**[0008]** Fremdeinstrahlungen auf die strahlenempfindliche Fläche des Bilddetektors weniger als ein Hundertstel der bildgebenden Strahlung aus dem Kollimator aus. Dazu ist vor allem eine Mindestabschirmdicke mit dichtem Material erforderlich. Die Präsenz von Neutronen kann zusätzliche Materialien erfordern. Andererseits ist eine solche schwere Abschirmung in einer Umgebung mit Röntgenstrahlung nicht immer notwendig, sondern hinderlich im Messaufbau.

**[0009]** Mit Hilfe der genannten Schlitzblenden lassen sich jeweils verschiedene Arten hochenergetischer Strahlung abbilden. Beispielsweise kann es sich um Röntgenstrahlung oder Gammastrahlung mit verschiedenen Wellenlängen handeln, und je nach Anwendung kann zusätzlich Teilchenstrahlung, insbesondere Neutronenstrahlung, vorhanden sein, die abzuschirmen ist. Aus diesen unterschiedlichen Anwendungsfällen ergeben sich jeweils unterschiedliche Anforderungen an das Absorptionsverhalten der die Schlitzblende umgebenden Abschirmmittel. Diese unterschiedlichen Anforderungen erfordern zu einer effizienten Abschirmung jeweils sowohl unterschiedliche Materialien als auch unter-

schiedliche Schichtdicken der Abschirmmittel. Während für vergleichsweise niederenergetische Röntgenstrahlung eine Bleiabschirmung mit einer Dicke von 5 cm zur Abschirmung ausreichen kann, ist bei vergleichsweise hochenergetischer Gammastrahlung, beispielsweise von Kobalt-60, die doppelte Dicke von mindestens 10 cm erforderlich. Alternativ dazu kann ein dichteres Material verwendet werden, beispielsweise Wolfram. Es ist nicht nur der Strahlengang zu schützen, sondern auch der Detektor selbst.

**[0010]** Um in verschiedenen Anwendungsfällen einsetzbar zu sein, müsste eine bildgebende Vorrichtung, die, wie im Stand der Technik offenbart, fest montierte Abschirmmittel aufweist, eine Vielzahl verschiedener Abschirmmittel umfassen. Nachteilig ist daran, dass die im jeweiligen Anwendungsfall zur Abschirmung der vorhandenen Strahlung nicht geeigneten und/oder nicht benötigten Abschirmmittel erheblich das Gewicht und die Größe der bildgebenden Vorrichtung erhöhen, ohne wirksam zur Abschirmung der vorhandenen Strahlung beizutragen. Insbesondere bei Röntgenrückstreuungsexperimenten mit vergleichsweise niederenergetischer Röntgenstrahlung, bei denen die Kamera aufgrund der geringen Intensitätsausbeute aus der Primärstrahlung besonders nahe an die Röntgenquelle und das Objekt herangeführt werden muss, erschwert eine für diese Anwendung überdimensionierte Abschirmung die Handhabung.

**[0011]** Alternativ können für die verschiedenen Anwendungsfälle unterschiedliche Kameratypen gebaut werden. Nachteilig ist daran, dass dies aufwändig ist und hohe Kosten verursacht.

**[0012]** Es ist daher eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine bildgebende Vorrichtung bereitzustellen, die für verschiedene Anwendungsfälle einsetzbar ist, in denen unterschiedliche Strahlungsarten auftreten, und die im Betrieb eine möglichst geringe Größe und ein möglichst geringes Gewicht aufweist. Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine bildgebende Vorrichtung bereitzustellen, die in Anwendungsfällen einsetzbar ist, in denen Teilchenstrahlung, insbesondere Neutronenstrahlung, vorhanden ist, und die im Betrieb eine möglichst geringe Größe und ein möglichst geringes Gewicht aufweist.

**[0013]** Erfindungsgemäß werden die Aufgaben mittels einer bildgebenden Vorrichtung mit den im Anspruch 1 genannten Merkmalen gelöst. Dadurch, dass die bildgebende Vorrichtung Aufnahmemittel für austauschbare Abschirmmittel aufweist, wird erreicht, dass je nach Anwendungsfall besonders geeignete Abschirmmittel verwendet werden können. Die Erfindung erlaubt somit den modularen Zusammenbau einer dem jeweiligen Anwendungsfall angepassten Kamera, mit der Abbildungen der jeweiligen hochenergetischen Strahlung erzeugt werden können. Von Vorteil ist dabei sowohl, dass das Material der Abschirmmittel an den jeweiligen Anwendungsfall angepasst werden kann, als auch, dass je nach Anwendung eine unterschiedliche Schichtdicke für die Abschirmung gewählt werden kann. Somit ist es beispielsweise möglich, im Fall einer Anwendung mit vergleichsweise niederenergetischer Strahlung eine geringere Schichtdicke zu wählen und dadurch die Größe und das Gewicht der bildgebenden Vorrichtung gering zu halten, und im Fall einer Anwendung mit vergleichsweise hochenergetischer Strahlung eine höhere Schichtdicke zu wählen, um die vergleichsweise hochenergetische Strahlung ausreichend abzuschirmen. Ebenso ist es beispielsweise möglich, im Fall einer Anwendung, bei der Teilchenstrahlung, insbesondere Neutronenstrahlung, vorhanden ist, Abschirmmittel aus zur Abschirmung der Teilchenstrahlung geeigneten Materialien zu verwenden, während diese Abschirmmittel im Fall einer Anwendung, bei der keine Teilchenstrahlung vorhanden ist, weggelassen werden können, um die Größe und das Gewicht der bildgebenden Vorrichtung gering zu halten.

**[0014]** Die Schlitzblende ist vorzugsweise austauschbar. Die bildgebende Vorrichtung kann ferner eine austauschbare Halterung für die Schlitzblende umfassen. Weiterhin kann die bildgebende Vorrichtung eine Frontplatte und eine Rückwand umfassen, und die Aufnahmemittel können einen Hülsenansatz an der Frontplatte sowie einen Hülsenansatz an der Rückwand umfassen.

**[0015]** Der Hülsenansatz an der Frontplatte kann einen rechteckigen Querschnitt aufweisen, und der Hülsenansatz an der Rückwand kann einen trapezförmigen Querschnitt aufweisen.

**[0016]** Die bildgebende Vorrichtung kann mindestens ein erstes Abschirmmittel umfassen, das in einer Längsrichtung einen U-förmigen Querschnitt aufweist. Alternativ kann die bildgebende Vorrichtung vier Seitenwände umfassen, die jeweils an Seitenflächen der bildgebenden Vorrichtung angeordnet sind und abgeschrägte Kanten aufweisen, sowie vier Kantenschienen, die derart angeordnet sind, dass sie jeweils an die abgeschrägten Kanten zweier Seitenwände anschließen.

**[0017]** Die bildgebende Vorrichtung kann Abschirmmittel umfassen, die derart geformt sind, dass sie genau diejenigen Strahlenverläufe umschließen, entlang derer sich Strahlung nach Durchlaufen der Schlitzblende ausbreiten kann. Der von den Abschirmmitteln umschlossene Innenraum kann an einem der Schlitzblende zugewandten Ende einen rechteckigen Querschnitt aufweisen und an einem von der Schlitzblende abgewandten Ende einen trapezoiden Querschnitt aufweisen. Der U-förmige Querschnitt des mindestens einen ersten Abschirmmittels kann entlang der Längsrichtung von einer U-Form, die einen Ausschnitt eines Rechtecks bildet, in eine U-Form, die einen Ausschnitt eines Trapezes bildet, übergehen.

**[0018]** Die bildgebende Vorrichtung kann Abschirmmittel umfassen, deren Kanten derart abgerundet sind, dass ihr Querschnitt die Form eines Viertelkreises aufweist, wobei der Radius des Viertelkreises einer Schichtdicke der Abschirmmittel entspricht.

**[0019]** Vorzugsweise umfasst die bildgebende Vorrichtung Abschirmmittel, die geeignet sind, die Intensität der abzu-

schirmenden Strahlung mindestens auf 10% der ursprünglichen Intensität, besonders bevorzugt mindestens auf 1 % der ursprünglichen Intensität zu reduzieren.

**[0020]** Die bildgebende Vorrichtung kann Abschirmmittel umfassen, die derart angeordnet sind, dass beim Auftreffen abzuschirmender Strahlung auf die Abschirmmittel die abzuschirmende Strahlung zuerst einen Bereich aus einem wasserstoffhaltigen Material, anschließend einen Bereich aus einem borhaltigen Material und anschließend einen Bereich aus einem metallhaltigen Material durchläuft. Bei dem metallhaltigen Material handelt es sich vorzugsweise um ein Metall. Der Bereich aus einem borhaltigen Material umfasst vorzugsweise Borcarbid und weist vorzugsweise eine Dicke von mindestens 0,05 cm, besonders bevorzugt von mindestens 0,1 cm auf. Der Bereich aus einem metallhaltigen Material umfasst vorzugsweise Wolfram und weist vorzugsweise eine Dicke von mindestens 1,8 cm, besonders bevorzugt von mindestens 3,6 cm auf.

**[0021]** Die Erfindung wird nachfolgend in Ausführungsbeispielen anhand der zugehörigen Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Figur 1 eine bildgebende Vorrichtung mit einer Blende;

Figur 2 eine Schlitzblende gemäß dem Stand der Technik;

Figur 3 einen zentralen Längsschnitt durch ein erstes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen bildgebenden Vorrichtung sowie daran befestigte austauschbare Abschirmmittel;

Figur 4 einen zentralen Längsschnitt durch die in Figur 3 gezeigte bildgebende Vorrichtung mit weiteren austauschbaren Abschirmmitteln;

Figur 5 eine Innenansicht der Frontplatte der in Figur 3 gezeigten bildgebenden Vorrichtung;

Figur 6 eine Innenansicht der Rückwand der in Figur 3 gezeigten bildgebenden Vorrichtung;

Figur 7 eine erste Ausführungsform der Seitenwände der in Figur 3 gezeigten bildgebenden Vorrichtung;

Figur 8 eine zweite Ausführungsform der Seitenwände der in Figur 3 gezeigten bildgebenden Vorrichtung;

Figur 9 eine dritte Ausführungsform der Seitenwände der in Figur 3 gezeigten bildgebenden Vorrichtung;

Figur 10 eine vierte Ausführungsform der Seitenwände der in Figur 3 gezeigten bildgebenden Vorrichtung; und

Figur 11 einen zentralen Längsschnitt durch ein zweites Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen bildgebenden Vorrichtung sowie daran befestigte austauschbare Abschirmmittel.

**[0022]** Figur 1 veranschaulicht das Lochkameraprinzip an einer bildgebenden Vorrichtung 10. Von einer Strahlenquelle 11, zum Beispiel einem Testkörper, wird hochenergetische Strahlung 12, insbesondere Röntgen- oder Gammastrahlung, emittiert. Die Strahlung 12 trifft auf eine Blende 13, 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 der Strahlenquelle 11 erzeugt wird. Im Abbildungsbereich 14 befindet sich eine Empfangseinheit 15, welche für die Strahlung 12 empfindlich ist, insbesondere ein Detektor oder eine Kamera.

**[0023]** Figur 2 zeigt beispielhaft eine Schlitzblende gemäß dem Stand der Technik, die in einer erfindungsgemäßen bildgebenden Vorrichtung verwendet werden kann. Diese Schlitzblende umfasst zwei Absorptionselemente 16, 17, deren Oberflächen einander gegenüberliegende und zueinander komplementäre Ausschnitte aus Regelflächen bilden, zwischen denen ein Spalt oder zumindest ein die Strahlung gering absorbierender Bereich 18 ausgebildet ist, durch den Strahlung entlang der optischen Achse x hindurchtreten kann. In einer möglichen Ausführungsform der Absorptionselemente 16, 17 können deren Oberflächenkonturen in einem kartesischen Koordinatensystem jeweils zumindest teilweise durch eine Funktion der Form  $z(x,y) = f(y) \cdot x + n(y)$  beschrieben werden. Andere mögliche Formen für in der erfindungsgemäßen bildgebenden Vorrichtung zu verwendende Schlitzblenden sind in dem oben aufgeführten Stand der Technik offenbart. Dabei kann der Spalt oder zumindest die Strahlung gering absorbierende Bereiche wie hier zwischen zwei Absorptionselementen mit zueinander komplementären Oberflächen in Regelflächenform ausgebildet sein; er kann beispielsweise zwischen zwei zueinander komplementären Oberflächen in Regelflächenform ein und desselben Absorptionselements ausgebildet sein; oder es können beispielsweise mehrere Spalte oder zumindest die Strahlung gering absorbierende Bereiche zwischen komplementären Oberflächen in Regelflächenform mehrerer Absorptionselemente

oder zwischen mehreren komplementären Oberflächen in Regelflächenform ein und desselben Absorptionselements vorgesehen sein. In jedem Fall ist die Schlitzblende geeignet, von einer Strahlungsquelle ausgehende, insbesondere hochenergetische Strahlung zu begrenzen und entlang der optischen Achse x nach dem Lochkameraprinzip auf einen Abbildungsbereich zu richten.

5 **[0024]** Figur 3 zeigt einen zentralen Längsschnitt durch ein erstes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen bildgebenden Vorrichtung sowie daran befestigte austauschbare Abschirmmittel. In einer Halterung 22 ist eine Schlitzblende 24 eingesetzt, deren Spaltbreite optional durch eine Stellvorrichtung 26 verstellbar ist. Die Schlitzblende 24 kann wie in Bezug auf Figur 2 beschrieben verschiedene aus dem Stand der Technik bekannte Ausführungsformen aufweisen. An die Halterung 22 schließt sich eine Frontplatte 28 an, der eine Rückwand 30 gegenüberliegt. Die Frontplatte 28 und 10 die Rückwand 30 weisen jeweils Hülsenansätze 32 bzw. 34 auf. Das von der Schlitzblende 24 erzeugte Abbild wird an der Rückseite auf die strahlenempfindliche Fläche eines Bilddetektors 36 projiziert. Alternativ zum klassischen Film kann zur Bildaufnahme ein Matrixdetektor verwendet werden, der das aufgenommene Bild direkt in digitale Information wandelt, oder eine Speicherfolie, auf der zunächst ein latentes Bild erzeugt wird. Für beide Bildaufnahmetechniken sind entsprechende Schutzgehäuse 38 und eine Gehäuseabschirmung 40 vorzusehen. Während der Matrixdetektor für 15 mehrere Aufnahmen an Ort und Stelle verbleibt, ist eine Speicherfolie nach jeder Bildaufnahme zu entnehmen und in einem entsprechenden Auslesegerät auszulesen und zu löschen, d. h. zwischen den Aufnahmen auszuwechseln. Es können Halterungen (nicht gezeigt) vorgesehen sein, um die Kamera an den Ort der Aufnahme zu verbringen und dort mittels eines Stativs aufzustellen, das in der Lage ist, die Kamera mit ihrem Gewicht zu halten.

**[0025]** Die Hülsenansätze 32 und 34 sind dazu ausgelegt, zur Abschirmung verschiedener Arten von Strahlung austauschbare Seitenwände aufzunehmen. In Figur 3 sind vergleichsweise leichte Seitenwände 42a, 42b in die bildgebende Vorrichtung eingesetzt, wie sie beispielsweise zur Abschirmung vergleichsweise niederenergetischer Röntgenstrahlung ausreichen. Zur Befestigung der austauschbaren Seitenwände 42a, 42b können in die Hülsenansätze 32 und 34 Halterungsschrauben (nicht gezeigt) eingesetzt werden. Die Frontplatte 28 ist das Bindeglied zwischen dem durch die austauschbaren Seitenwände 42a, 42b gebildeten Balg und der Schlitzblende 24. Neben der eigentlichen Blende und 25 der Frontplatte trägt der Balg besonders zum Schutz der strahlenempfindlichen Detektorfläche vor Fremdeinstrahlung bei.

**[0026]** Figur 4 zeigt ebenfalls einen zentralen Längsschnitt durch das in Figur 3 gezeigte erste Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen bildgebenden Vorrichtung. In diesem Aufbau sind weitere austauschbare Seitenwände 42c bis 42f in die bildgebende Vorrichtung eingesetzt, um eine stärkere Abschirmung zu erzielen, wie sie beispielsweise für 30 vergleichsweise hochenergetische Gammastrahlung erforderlich ist. Hinter der Gehäuseabschirmung 40 ist außerdem eine weitere austauschbare Gehäuseabschirmung 44 eingesetzt. Zur Befestigung sämtlicher austauschbarer Abschirmmittel können in der bildgebenden Vorrichtung Halterungsschrauben (nicht gezeigt) vorgesehen sein.

**[0027]** Je nach Anwendungsfall können die austauschbaren Seitenwände 42a bis 42f in unterschiedlicher Anzahl eingesetzt werden, unterschiedliche Dicken aufweisen und/oder aus unterschiedlichen Materialien bestehen. Wahlweise kann auch die Gehäuseabschirmung 40 austauschbar sein. Die Abschirmeigenschaften des Schutzgehäuses 38, der 35 Gehäuseabschirmung 40 und der optionalen weiteren Gehäuseabschirmung 44 entsprechen insgesamt vorzugsweise denjenigen des Balges. Die Stoßflächen zwischen den verschiedenen Abschirmmitteln sind jeweils so gestaltet, dass kein Fremdstrahl durch möglicherweise verbleibende Ritzen auf die strahlenempfindliche Fläche des Bilddetektors fallen kann.

40 **[0028]** Die inneren Abschirmmittel 40, 42a, 42b bleiben typischerweise eingesetzt; sie sind, ebenso wie die Halterung 22, die Frontplatte 28, die Rückwand 30 und die Gehäuseabschirmung 40 zur Abschirmung mindestens erforderlich. Auch sie können jedoch ausgetauscht werden, beispielsweise, wenn eine besondere Beschichtung erforderlich ist. Bei niedrigen Röntgenstrahlenergien kann die Fluoreszenz aus dem Wandmaterial sich störend auswirken. Diese lässt sich mittels einer Innenauskleidung aus Kupfer (Cu) unterdrücken.

45 **[0029]** Über die inneren Seitenwände 42a, 42b können weitere Seitenwände 42c bis 42f schalenförmig übergestülpt werden. Auch der Bilddetektor 36 kann mit einer weiteren äußeren Abschirmung 44 versehen werden. Halterungen für ein Stativ oder Transportösen (nicht gezeigt) können sowohl an die Frontplatte als auch an die Rückwand angebracht werden. Die Länge des Balgs zwischen Frontplatte und Rückwand kann durch verschieden lange Teilstücke variiert werden, die ihrerseits auch unterteilt sein können.

50 **[0030]** Figur 5 zeigt eine Innenansicht der Frontplatte 28 der in Figur 3 gezeigten bildgebenden Vorrichtung. Die Frontplatte 28 weist ein Durchtrittsfenster 46 auf, in dem die Schlitzblende 24 (gestrichelt gezeigt) angeordnet ist. Wie oben beschrieben weist die Frontplatte 28 einen Hülsenansatz 32 auf, an dem austauschbare Seitenwände befestigbar sind.

55 **[0031]** Figur 6 zeigt eine Innenansicht der Rückwand 30 der in Figur 3 gezeigten bildgebenden Vorrichtung. Auch die Rückwand 30 weist ein Durchtrittsfenster 48 auf. Wie oben beschrieben weist die Rückwand 30 einen Hülsenansatz 34 auf, an dem austauschbare Seitenwände befestigbar sind. Hinter der Rückwand ist außerdem eine weitere Gehäuseabschirmung 44 gezeigt.

**[0032]** Der durch die austauschbaren Seitenwände gebildete Balg, der die Verbindung zwischen der Schlitzblende

an der Vorderseite und dem Detektor an der Rückseite herstellt, kann verschieden ausgestaltet werden. Zu berücksichtigen sind dabei sowohl die Strahlenführung als auch die erforderliche Fähigkeit, jegliche Strahlung, die nicht durch die Schlitzblende kontrolliert wird, wirksam abzuschirmen.

**[0033]** Figur 7 zeigt eine erste Ausführungsform des Balges. In dieser Ausführungsform besteht der über den Hülsenansatz 32 an der Frontplatte 28 befestigte Balg aus einzelnen Seitenwänden 50a bis 50c. Die vierte, obere Seitenwand ist nicht gezeigt. Die einzelnen Seitenwände 50a bis 50c weisen Kantenabschrägungen auf, so dass sie mit der Frontplatte 28 und der Rückwand (nicht gezeigt) bündig abschließen. Die Längskanten müssen so gestaltet werden, dass keinerlei Fremdstrahlung durch die Fugen in Innere gelangen kann. Dies kann beispielsweise durch zusätzliche Kantenschienen 52 erfolgen. Diese Ausführungsform des Balgs ist vergleichsweise einfach zu fertigen; dafür ist jedoch der Zusammenbau vergleichsweise komplex.

**[0034]** Figur 8 zeigt eine zweite Ausführungsform des Balges, die eine einfachere Montage erlaubt. In dieser Ausführungsform besteht der über den Hülsenansatz 32 an der Frontplatte 28 befestigte Balg aus zwei U-förmigen Halbschalen. Die untere U-Halbschale 54 ist gezeigt. Die Stoßflächen zwischen den beiden Halbschalen müssen wiederum so gestaltet werden, dass kein Strahl durch einen verbleibenden Schlitz ins Innere der bildgebenden Vorrichtung eindringen kann. Dies ist im Einzelnen in der Zeichnung nicht ausgeführt, kann aber durch eine dachförmige Gestaltung der Stoßflächen ähnlich wie bei Bleiziegeln zum Bau von Abschirmwänden erreicht werden. Alternativ dazu können diese Flächen auch stufig gestaltet werden.

**[0035]** Die einfachste Montage wird mit röhrenförmig geschlossenen Tubusstücken erreicht (nicht abgebildet). Eine Erhöhung der Abschirmdicke wird durch ein konzentrisches Ineinanderstecken von einander angepassten Hülsen erreicht. Bei jeder dieser Varianten ist darauf zu achten, dass die Stoßflächen zwischen den Teilen immer so gestaltet sind, dass kein Fremdstrahl durch eventuell verbleibende Ritzen auf die strahlenempfindliche Fläche des Bilddetektors fallen kann. Dies wird durch die schrägen Verläufe in der Gestaltung der Module erreicht, wie sie in den Figuren zu erkennen sind.

**[0036]** Figur 9 zeigt eine dritte Ausführungsform des Balges. Ähnlich wie in der in Figur 8 gezeigten zweiten Ausführungsform des Balges besteht der über den Hülsenansatz 32 an der Frontplatte 28 befestigte Balg auch in dieser dritten Ausführungsform aus zwei U-förmigen Halbschalen. Wiederum ist die untere Halbschale 56 gezeigt. In dieser Ausführungsform ist die äußere Form des Balgs zur weiteren Materialeinsparung abgewandelt, ohne Abstriche in der Abschirmung und ohne Beeinträchtigung der Bildgebung. Aufgrund der Abbildungscharakteristik einiger der aus dem Stand der Technik bekannten Schlitzblenden, die durch die Schlitzform gegeben ist, wird das Rohbild trapezoid verzerrt. Diese Verzerrung wird rechnerisch korrigiert. Bei einem rechteckigen Querschnitt des Gehäuseinnenraumes bestehen entweder Bereiche, die nicht für den Strahlengang genutzt werden, oder es werden Bildteile abgeschnitten. Bei einer vollständigen Erfassung des Rohbildes bleibt also ein Teil des von dem Balg umschlossenen Innenraumes ungenutzt. Durch eine Verzerrung, die derart gewählt ist, dass die nicht benötigten Volumenteile ausgespart bleiben, kann das Gehäuse entsprechend verkleinert werden, ohne dass das Abbild eingeschränkt wird. Abhängig von der Schlitzöffnung an der Oberfläche und von den Abständen kann die äußere Form des Balgs somit an die Verzerrung angepasst werden, um das innere Totvolumen zu reduzieren und den Gesamtaufbau zu verkleinern.

**[0037]** Der von dem Balg umschlossene Innenraum hat in dieser Ausführungsform am vorderen Ende, an der er an die Frontplatte anschließt, einen rechteckigen Querschnitt, der zur Rückwand hin zunehmend trapezoid verzerrt wird. In der Ausführung mit zwei U-förmigen Halbschalen weist jede U-förmige Halbschale einen U-förmigen Querschnitt auf, der mit zunehmendem Abstand von der Schlitzblende von einer U-Form, die einen Ausschnitt eines Rechtecks bildet, in eine U-Form, die einen Ausschnitt eines Trapezes bildet, übergeht.

**[0038]** Figur 10 zeigt eine vierte Ausführungsform des Balges. Auch in dieser Ausführungsform besteht der über den Hülsenansatz 32 an der Frontplatte 28 befestigte Balg aus zwei U-förmigen Halbschalen. Wiederum ist die untere Halbschale 58 gezeigt. In dieser Ausführungsform wird durch Abrunden der Kanten eine Materialeinsparung erreicht. An den Kanten des Balgs ist die Abschirmdicke um einen Faktor  $\sqrt{2}$  größer als an den Wandflächen. Durch ein Abrunden auf einen Viertelkreisquerschnitt mit der Wanddicke als Radius lässt sich Material und damit Gewicht einsparen. Optional können, wie in der Figur gezeigt, auch die Kanten der Frontplatte 28 abgerundet werden; ebenso die Kanten der Rückwand (nicht gezeigt).

**[0039]** Die in den Figuren 7 bis 10 gezeigten vorteilhaften Merkmale des Balges lassen sich beliebig kombinieren. So ist beispielsweise eine Ausführungsform des Balges denkbar, in der der Balg trapezoid verzerrt und aus einzelnen Seitenwänden und abgerundeten Kantenschienen zusammengesetzt ist. Des Weiteren kann der Balg in allen diesen Formen und ihren Kombinationen auch einstückig mit der bildgebenden Vorrichtung ausgeführt oder fest mit dieser verbaut werden. Die Form des Balges kann somit auch unabhängig von der Austauschbarkeit der Abschirmmittel optimiert werden. Insbesondere können auch bei einer herkömmlichen bildgebenden Vorrichtung mit fest verbauten oder einstückig ausgeführten Abschirmmitteln die Kanten der Abschirmung abgerundet werden und/oder der durch die Abschirmmittel gebildete Innenraum kann wie bei dem in Figur 9 dargestellten Balg der trapezoiden Verzerrung des Strahlengangs folgen.

**[0040]** Vorzugsweise ist auch die Schlitzblende austauschbar und kann je nach Anwendungsfall durch jede der aus

dem oben beschriebenen Stand der Technik bekannten Schlitzblenden ersetzt werden. Die Halterung sollte dementsprechend so gestaltet sein, dass sie für die verschiedenen Schlitzblenden eine gemeinsame Fassung bietet. Alternativ kann auch die Halterung austauschbar gestaltet sein. Zumindest für die einfacheren Schlitzblenden kann eine Stellvorrichtung vorgesehen sein, mit der die Spaltbreite verstellt werden kann, ähnlich wie bei der Irisblende für Optiken im Bereich des sichtbaren Lichtes. Auch diese Stellvorrichtung ist im vorderen Bereich der bildgebenden Vorrichtung unterzubringen und geeignet mit der Fassung zu verbinden.

**[0041]** Die Erfindung erlaubt es, je nach Anwendungsfall unterschiedliche Abschirmmaterialien und unterschiedliche Abschirmdicken zu verwenden. Dies ist insbesondere dann vorteilhaft, wenn sich die Anwendungsfälle, in denen die erfindungsgemäße bildgebende Vorrichtung zum Einsatz kommen soll, hinsichtlich des Auftretens von hochenergetischer Gammastrahlung und/oder von Teilchenstrahlung, insbesondere Neutronenstrahlung, unterscheiden. Hochenergetische Strahlung, insbesondere Gammastrahlung, wird besonders gut von Schwermetallen absorbiert. Das praktikabelste Material für Röntgen- und Gammastrahlung ist Wolfram (W), das kommerziell in mechanisch bearbeitbaren Legierungen erhältlich ist. Für Röntgenstrahlung ohne zusätzliche Beschleunigung reichen wenige Zentimeter Schichtdicke, nicht hingegen für hochenergetische Gammastrahlung.

**[0042]** Neutronen haben dagegen die Eigenschaft, Schwermetalle gut zu durchdringen. Selbst eine dicke und damit schwere Metallabschirmung ist daher zu ihrer Abschirmung wenig effektiv. Einige leichte Materialien besitzen hingegen gegenüber Neutronenstrahlung hoch schwächende Eigenschaften, besonders Materialien, die reich an Wasserstoff und Bor sind. Diese beiden Elemente schwächen Neutronenstrahlung auf unterschiedliche Weise. Während Wasserstoff schnelle Neutronen streut und moderiert, fängt Bor thermische und kalte Neutronen ein. Deshalb ist es sinnvoll, Materialien mit diesen beiden Elementen zu kombinieren, und zwar derart, dass vergleichsweise hochenergetische Neutronen zuerst von dem Wasserstoff moderiert, d. h. abgebremst werden und anschließend von dem Bor absorbiert werden. Entlang eines Strahlengangs vom Äußeren der bildgebenden Vorrichtung in das Innere sollte also auf eine dicke wasserstoffhaltige Schicht eine Lage folgen, die reich an Bor ist. Geeignete Materialien hierfür sind Polyethylen (PE) und Borcarbid ( $B_4C$ ). Noch weiter innen ist zwingend eine gute metallische Abschirmung erforderlich, damit die zusätzlich entstehende Sekundärstrahlung ebenfalls abgeschirmt wird.

**[0043]** Figur 11 zeigt einen zentralen Längsschnitt durch ein zweites Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen bildgebenden Vorrichtung sowie daran befestigte austauschbare Abschirmmittel. In dem dargestellten Aufbau wird die oben beschriebene Abfolge von Abschirmmaterialien verwendet. Die bildgebende Vorrichtung dieses zweiten Ausführungsbeispiels ähnelt der bildgebenden Vorrichtung des ersten Ausführungsbeispiels, unterscheidet sich jedoch in einigen Einzelheiten und ist in dem dargestellten Aufbau mit anderen austauschbaren Abschirmmitteln versehen als in Figur 3 gezeigt.

**[0044]** Wie im ersten Ausführungsbeispiel umfasst die bildgebende Vorrichtung des zweiten Ausführungsbeispiels eine Halterung 62, in die eine Schlitzblende 64 eingesetzt ist, deren Spaltbreite optional durch eine Stellvorrichtung 66 verstellbar ist. Auch in diesem Fall kann die Schlitzblende 64 wie in Bezug auf Figur 2 beschrieben verschiedene aus dem Stand der Technik bekannte Ausführungsformen aufweisen. An die Halterung 62 schließt wiederum die Frontplatte 68 an, der eine Rückwand 70 gegenüberliegt. Die Frontplatte 68 und die Rückwand 70 weisen jeweils Hülsenansätze 72 bzw. 74 auf. Das von der Schlitzblende 64 erzeugte Abbild wird an der Rückseite auf die strahlenempfindliche Fläche eines Bilddetektors 76 projiziert, für den ein Schutzgehäuse 78 vorgesehen ist sowie eine Gehäuseabschirmung 80, die optional austauschbar gestaltet sein kann.

**[0045]** In diesem zweiten Ausführungsbeispiel ragen die Frontplatte 68 und die Rückwand 70 weniger weit aus der bildgebenden Vorrichtung heraus als in dem ersten Ausführungsbeispiel. Daran ist vorteilhaft, dass die bildgebende Vorrichtung bei Verwendung mit vergleichsweise dünner Abschirmung insgesamt kleinere Ausmaße hat. Bei Verwendung mit vergleichsweise dicker Abschirmung decken die äußeren Abschirmmittel dann vorzugsweise wie in Figur 11 gezeigt im Gegensatz zu dem ersten Ausführungsbeispiel auch die Frontplatte 68 und die Rückwand 70 von außen ab, anstatt zwischen diese eingesetzt zu werden. Zur Befestigung solcher äußerer Abschirmmittel können an den Außenseiten der Frontplatte 68 und/oder der Rückwand 70 Halterungsschrauben (nicht gezeigt) vorgesehen sein.

**[0046]** In dem in Figur 11 gezeigten Aufbau sind an der bildgebenden Vorrichtung andere Abschirmmittel befestigt als in dem in Figur 3 gezeigten Aufbau. An den Hülsenansätzen 72 und 74 sind Seitenwände 82a und 82b befestigt, die wie die Frontplatte 68, die Rückwand 70 und die Gehäuseabschirmung 80 aus Metall gefertigt sind, bevorzugt aus einem Schwermetall und besonders bevorzugt aus Wolfram. Weiter außen sind jedoch nunmehr Seitenwände 84a und 84b angebracht, die jeweils aus einer inneren Schicht 88 aus einem borhaltigen Material, beispielsweise Borcarbid, und einer äußeren Schicht 90 aus einem wasserstoffhaltigen Material, beispielsweise Polyethylen, bestehen. Optional kann hinter der Gehäuseabschirmung 80 eine weitere Gehäuseabschirmung 86 einsetzbar sein. In dem gezeigten Aufbau entspricht die Schichtfolge der weiteren Gehäuseabschirmung 86 derjenigen der äußeren austauschbaren Seitenwände 84a und 84b. Insgesamt weist damit die gesamte Abschirmung eine Schichtenfolge auf, in der die Strahlung jeweils von außen nach innen einfallend zuerst ein wasserstoffhaltiges Material, dann ein borhaltiges Material und schließlich ein Metall durchläuft. Somit wird das Kamerainnere vor gestreuten Neutronen geschützt. Enthält die direkt auf die Schlitzblende 64 auftretende Strahlung ebenfalls Neutronen, so müssen auch die Schlitzblende 64 und die Halterung 62 wie

in Figur 11 gezeigt die genannte Schichtenfolge aufweisen. In diesem Fall bestehen die Absorptionselemente der Schlitzblende 64 aus einem Bereich 92 aus einem wasserstoffhaltigen Material, einem Bereich 94 aus einem borhaltigen Material und einem Bereich 96 aus einem metallhaltigen Material. In diesem Fall ist bevorzugt, dass auch die Schlitzblende 64 und/oder die Halterung 62 austauschbar gestaltet sind, damit für Anwendungsfälle, in denen keine Neutronenstrahlung auftritt, leichtere und/oder kleinere Schlitzblenden und/oder Halterungen eingesetzt werden können.

**[0047]** Die genannte Schichtenfolge kann auch unabhängig von der Austauschbarkeit der Abschirmmittel eingesetzt werden. Beispielsweise können Abschirmmittel und/oder eine Schlitzblende mit der genannten Schichtenfolge fest in einer bildgebenden Vorrichtung verbaut oder einstückig mit dieser ausgebildet sein. Vorteilhaft ist somit insbesondere eine Schlitzblende, in der die Oberflächenkontur mindestens eines Absorptionselements zumindest teilweise eine Regelfläche bildet und mindestens ein Absorptionselement einen derartigen Aufbau aufweist, dass beim Auftreffen zu absorbierender Strahlung auf das mindestens eine Absorptionselement die zu absorbierende Strahlung zuerst einen Bereich aus einem wasserstoffhaltigen Material, anschließend einen Bereich aus einem borhaltigen Material und anschließend einen Bereich aus einem metallhaltigen Material durchläuft.

**[0048]** Zur Abschätzung der erforderlichen Schichtdicken sind in Tabelle 1 die Abschirmeigenschaften einiger Materialien für einige Strahlungsarten zusammengestellt. Gezeigt sind die Abschirmeigenschaften von Wolfram (W), Polyethylen (PE) und Borcarbid (B<sub>4</sub>C) jeweils für Röntgenstrahlung mit einer Photonenenergie von 120 keV, Gammastrahlung mit einer Photonenenergie von 1 MeV sowie thermische Neutronen.

Tabelle 1: Abschirmeigenschaften einiger Materialien für einige Strahlungsarten

Strahlungsart	Material	Schwächungs-koeffizient cm <sup>-1</sup>	Zehntelwerts-schicht cm
Röntgen 120 keV	W	64	0,04
	PE	0,15	15
	B <sub>4</sub> C	0,13	18
Gamma 1 MeV	W	1,3	1,8
	PE	0,07	33
	B <sub>4</sub> C	0,06	38
thermische Neutronen	W	1,1	2,1
	PE	15	0,15
	B <sub>4</sub> C	48	0,05

**[0049]** Dabei bestimmt der Schwächungskoeffizient  $\mu$  die Abnahme der Strahlungsintensität gemäß der Beziehung  $I_d = I_0 \exp(-\mu d)$ , wobei  $I_d$  die Strahlungsintensität nach Durchqueren einer Abschirmung mit der Schichtdicke  $d$  und  $I_0$  die Strahlungsintensität vor Durchqueren der Abschirmung bezeichnet. Die Zehntelwertsschicht ist diejenige Schichtdicke, nach deren Durchquerung die Strahlungsintensität auf ein Zehntel des ursprünglichen Wertes abgefallen ist. Das Doppelte der Zehntelwertsschicht ist jeweils erforderlich, um die gewünschte Abschirmung um den Faktor 100 zu bewirken.

**[0050]** In der Tabelle sind einige typische Strahlungsarten herausgegriffen. Es ist zu beachten, dass im technischen Bereich durchaus Röntgenstrahlung mit höheren Photonenenergien üblich ist, bis zu 450 keV. Je nach Strahlenquelle gibt es auch unterschiedliche Energien in der Gammastrahlung, sowohl niedrigere als auch höhere. Beispielsweise weist die von Kobalt-60 (<sup>60</sup>Co) ausgehende Gammastrahlung Photonenenergien von 1,2 MeV und 1,3 MeV auf. Bei der Abschätzung der Schwächungskoeffizienten für die chemischen Verbindungen wurde über die Materialdichte der Anteil des absorbierenden Elementes berücksichtigt. Die in der Tabelle aufgeführten Zehntelwertsschichten sind für Abschirmungszwecke anschaulicher als Halbwertsschichten. Für eine Abschwächung auf ein Hundertstel müssen diese Werte verdoppelt werden. Eine solche Abschirmung ist notwendig, um die Voraussetzung dafür zu schaffen, im Bild ein Signal/Rausch-Verhältnis von annähernd 100 erreichen zu können.

**[0051]** Bei den Schwächungskoeffizienten für thermische Neutronen ist zu berücksichtigen, dass die Abschwächung beim Wasserstoff auf Moderation und Streuung beruht, während Bor thermische Neutronen abfängt. Ein Streuanteil ist in diesen Koeffizienten nicht enthalten. Aus dieser Tabelle geht hervor, dass bei erwiesener Abwesenheit hochenergetischer Gammastrahlung aber Präsenz von Neutronen eine Schlitzblendenkamera mit wesentlich leichterem Gewicht modular zusammengesetzt werden kann. Eine modulare Gestaltung erlaubt eine Anpassung an die Einsatzumgebung bei gleichzeitiger Optimierung des Gerätegewichts.

BEZUGSZEICHENLISTE

[0052]

5	10	bildgebende Vorrichtung
	11	Strahlenquelle
	12	hochenergetische Strahlung
10	13	Blende
	14	Abbildungsbereich
15	15	Empfangseinheit
	16, 17	Absorptionselemente
	18	Spalt
20	22	Halterung
	24	Schlitzblende
25	26	Stellvorrichtung
	28	Frontplatte
	30	Rückwand
30	32, 34	Hülsenansätze
	36	Bilddetektor
35	38	Schutzgehäuse
	40, 44	Gehäuseabschirmung
	42a, ..., 42f	Seitenwände
40	46, 48	Durchtrittsfenster
	50a, ..., 50c	Seitenwände
45	52	Kantenschiene
	54, 56, 58	Halbschale
	62	Halterung
50	64	Schlitzblende
	66	Stellvorrichtung
55	68	Frontplatte
	70	Rückwand

	72,74	Hülsenansätze
	76	Bilddetektor
5	78	Schutzgehäuse
	80, 86	Gehäuseabschirmung
	82a, 82b	Seitenwände
10	84a, 84b	Seitenwände
	88	Schicht aus borhaltigem Material
15	90	Schicht aus wasserstoffhaltigem Material
	92	Bereich aus wasserstoffhaltigem Material
	94	Bereich aus borhaltigem Material
20	96	Bereich aus metallhaltigem Material

#### Patentansprüche

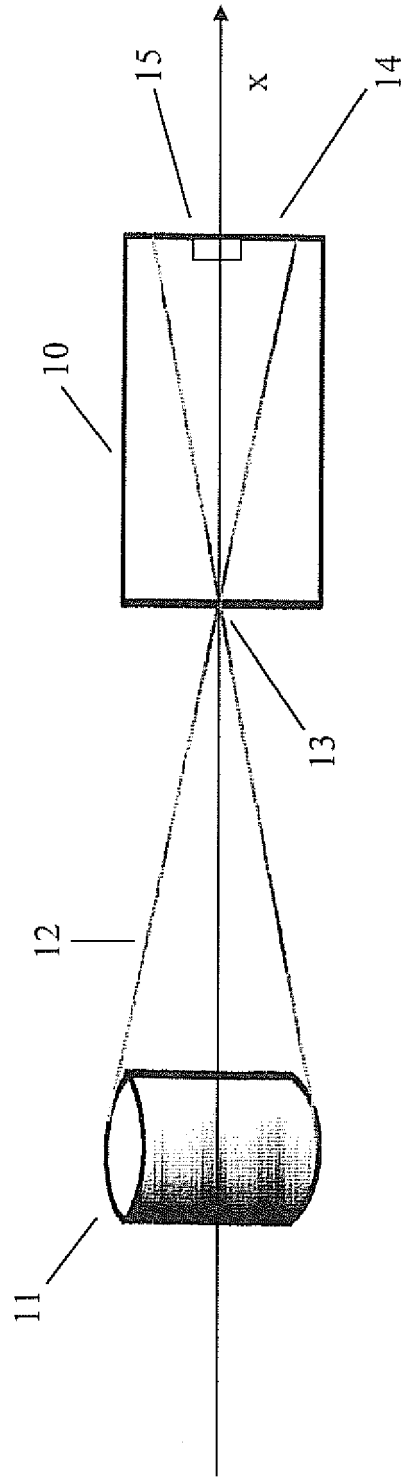
- 25
1. Bildgebende Vorrichtung (10) mit einer Schlitzblende (24, 64), wobei die Oberflächenkontur mindestens eines Absorptionselements der Schlitzblende (24, 64) zumindest teilweise eine Regelfläche bildet,  
**gekennzeichnet durch**  
Aufnahmemittel (32, 34, 72, 74) für austauschbare Abschirmmittel (40, 42a, ..., 42f, 44, 50a, 50b, 50c, 52, 54, 56, 58, 82a, 82b, 84a, 84b).  
30
  2. Bildgebende Vorrichtung (10) nach Anspruch 1, wobei die Schlitzblende (24, 64) austauschbar ist.
  3. Bildgebende Vorrichtung (10) nach Anspruch 1 oder 2, wobei die bildgebende Vorrichtung (10) ferner eine austauschbare Halterung (22) für die Schlitzblende (24, 64) umfasst.  
35
  4. Bildgebende Vorrichtung (10) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die bildgebende Vorrichtung ferner eine Frontplatte (28) und eine Rückwand (30) umfasst und wobei die Aufnahmemittel einen Hülsenansatz (32) an der Frontplatte (28) sowie einen Hülsenansatz (34) an der Rückwand (30) umfassen.  
40
  5. Bildgebende Vorrichtung (10) nach Anspruch 4, wobei der Hülsenansatz (32) an der Frontplatte (28) einen rechteckigen Querschnitt aufweist und wobei der Hülsenansatz (34) an der Rückwand (30) einen trapezförmigen Querschnitt aufweist.
  6. Bildgebende Vorrichtung (10) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die bildgebende Vorrichtung (10) mindestens ein erstes Abschirmmittel (56) umfasst, das in einer Längsrichtung einen U-förmigen Querschnitt aufweist.  
45
  7. Bildgebende Vorrichtung (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die bildgebende Vorrichtung (10) vier Seitenwände (50a, 50b, 50c) umfasst, die jeweils an Seitenflächen der bildgebenden Vorrichtung (10) angeordnet sind und abgeschrägte Kanten aufweisen, sowie vier Kantenschienen (52), die derart angeordnet sind, dass sie jeweils an die abgeschrägten Kanten zweier Seitenwände (50a, 50b, 50c) anschließen.  
50
  8. Bildgebende Vorrichtung (10) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die bildgebende Vorrichtung (10) Abschirmmittel (56) umfasst, die derart geformt sind, dass sie genau diejenigen Strahlenverläufe umschließen, entlang derer sich Strahlung nach Durchlaufen der Schlitzblende (24, 64) ausbreiten kann.  
55
  9. Bildgebende Vorrichtung (10) nach Anspruch 8, wobei der von den Abschirmmitteln (56) umschlossene Innenraum

## EP 2 482 288 A1

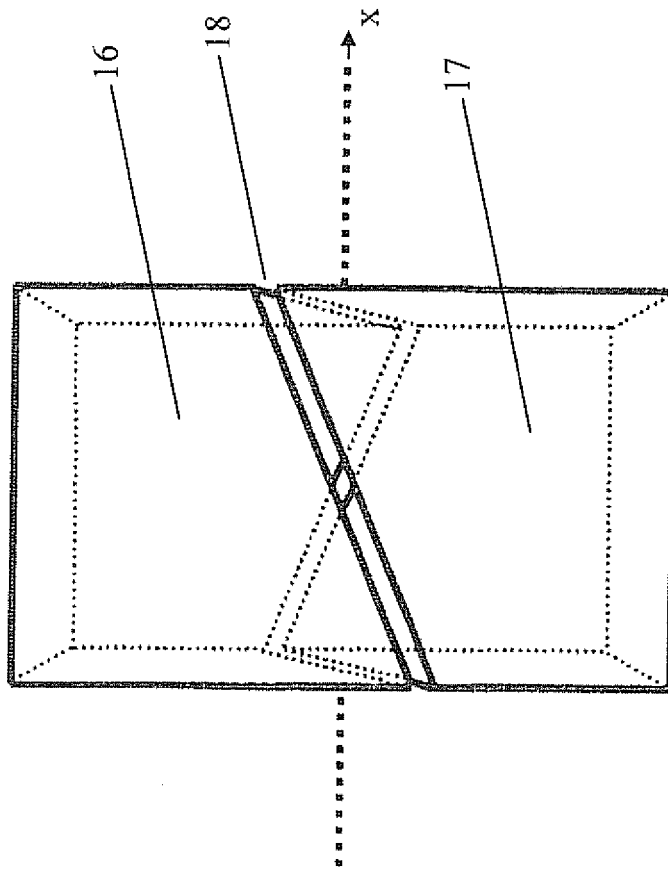
an einem der Schlitzblende (24, 64) zugewandten Ende einen rechteckigen Querschnitt aufweist und an einem von der Schlitzblende (24, 64) abgewandten Ende einen trapezoiden Querschnitt aufweist.

- 5
10. Bildgebende Vorrichtung (10) nach den Ansprüchen 6 und 9, wobei der U-förmige Querschnitt des mindestens einen ersten Abschirmmittels (56) entlang der Längsrichtung von einer U-Form, die einen Ausschnitt eines Rechtecks bildet, in eine U-Form, die einen Ausschnitt eines Trapezes bildet, übergeht.
- 10
11. Bildgebende Vorrichtung (10) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die bildgebende Vorrichtung (10) Abschirmmittel (58) umfasst, deren Kanten derart abgerundet sind, dass ihr Querschnitt die Form eines Viertelkreises aufweist, wobei der Radius des Viertelkreises einer Schichtdicke der Abschirmmittel (58) entspricht.
- 15
12. Bildgebende Vorrichtung (10) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die bildgebende Vorrichtung (10) Abschirmmittel umfasst, die geeignet sind, die Intensität der abzuschirmenden Strahlung mindestens auf 10% der ursprünglichen Intensität, vorzugsweise mindestens auf 1 % der ursprünglichen Intensität zu reduzieren.
- 20
13. Bildgebende Vorrichtung (10) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die bildgebende Vorrichtung (10) Abschirmmittel (80, 82a, 82b, 84a, 84b, 86) umfasst, die derart angeordnet sind, dass beim Auftreffen abzuschirmender Strahlung auf die Abschirmmittel (80, 82a, 82b, 84a, 84b, 86) die abzuschirmende Strahlung zuerst einen Bereich (90) aus einem wasserstoffhaltigen Material, anschließend einen Bereich (88) aus einem borhaltigen Material und anschließend einen Bereich (80, 82a, 82b) aus einem metallhaltigen Material durchläuft.
- 25
14. Bildgebende Vorrichtung (10) nach Anspruch 13, wobei der Bereich (88) aus einem borhaltigen Material Borcarbid umfasst und eine Dicke von mindestens 0,05 cm, vorzugsweise von mindestens 0,1 cm aufweist.
- 30
15. Bildgebende Vorrichtung (10) nach Anspruch 13 oder 14, wobei der Bereich (80, 82a, 82b) aus einem metallhaltigen Material Wolfram umfasst und eine Dicke von mindestens 1,8 cm, vorzugsweise von mindestens 3,6 cm aufweist.
- 35
- 40
- 45
- 50
- 55

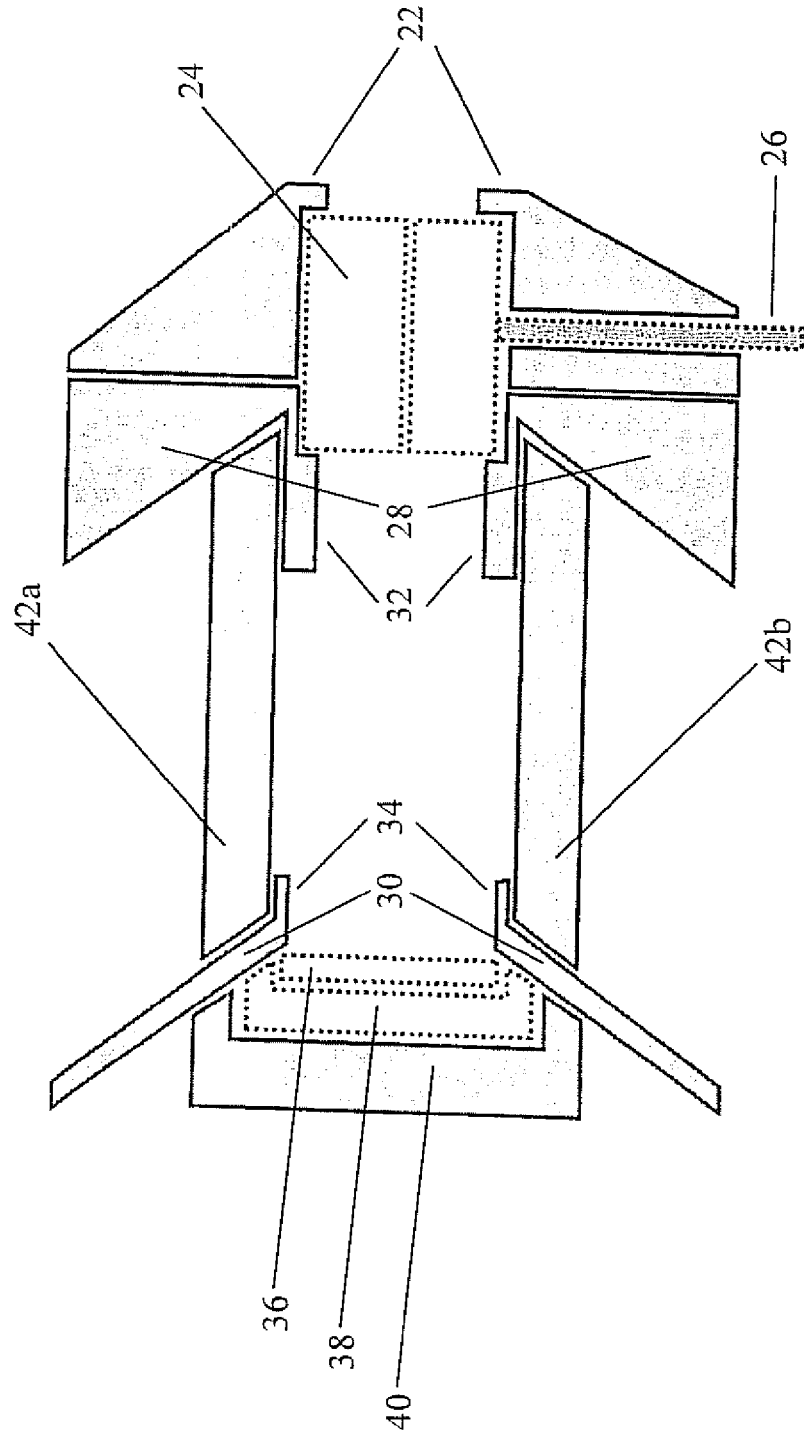
Figure 1



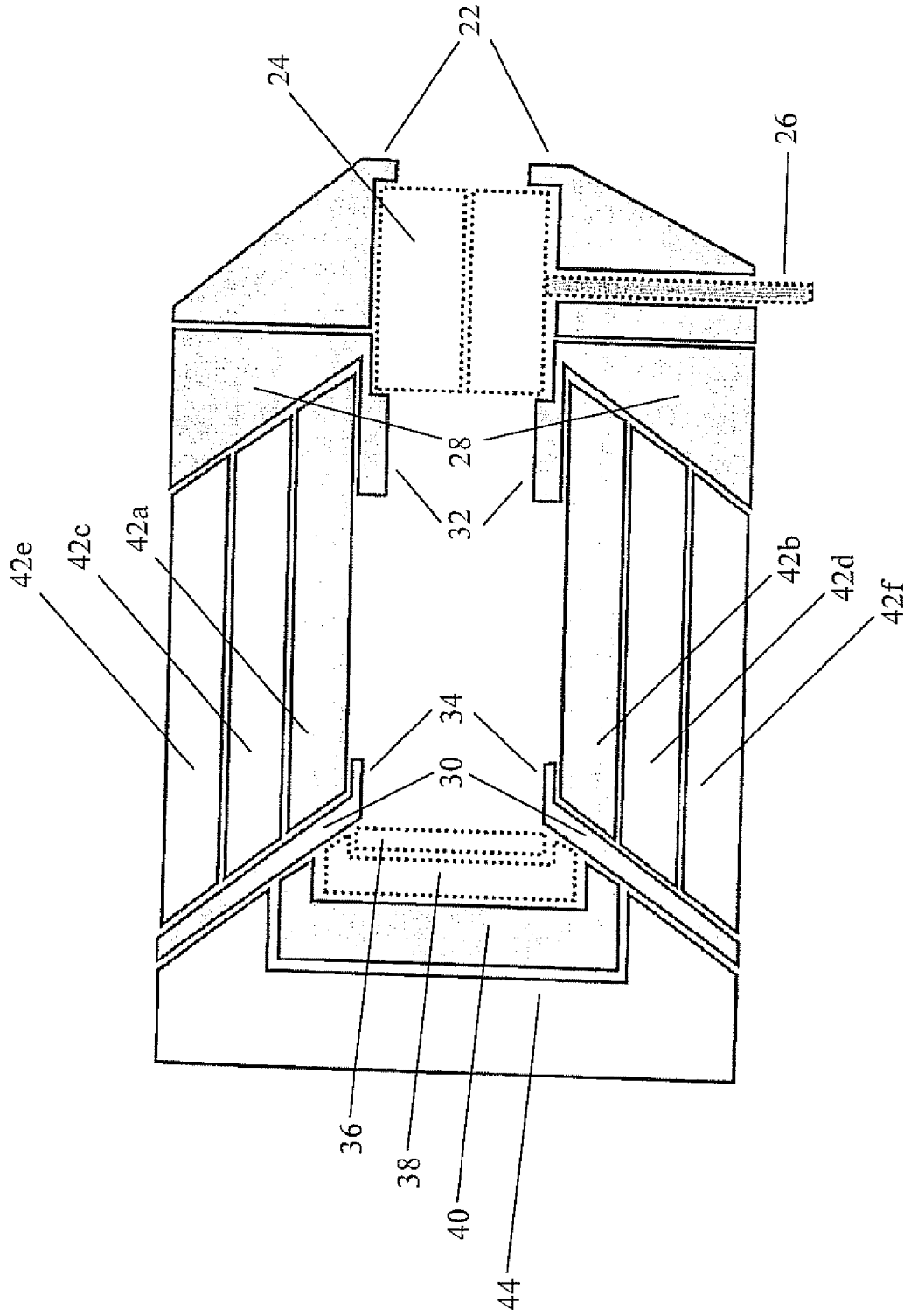
Figur 2



Figur 3



Figur 4



Figur 5

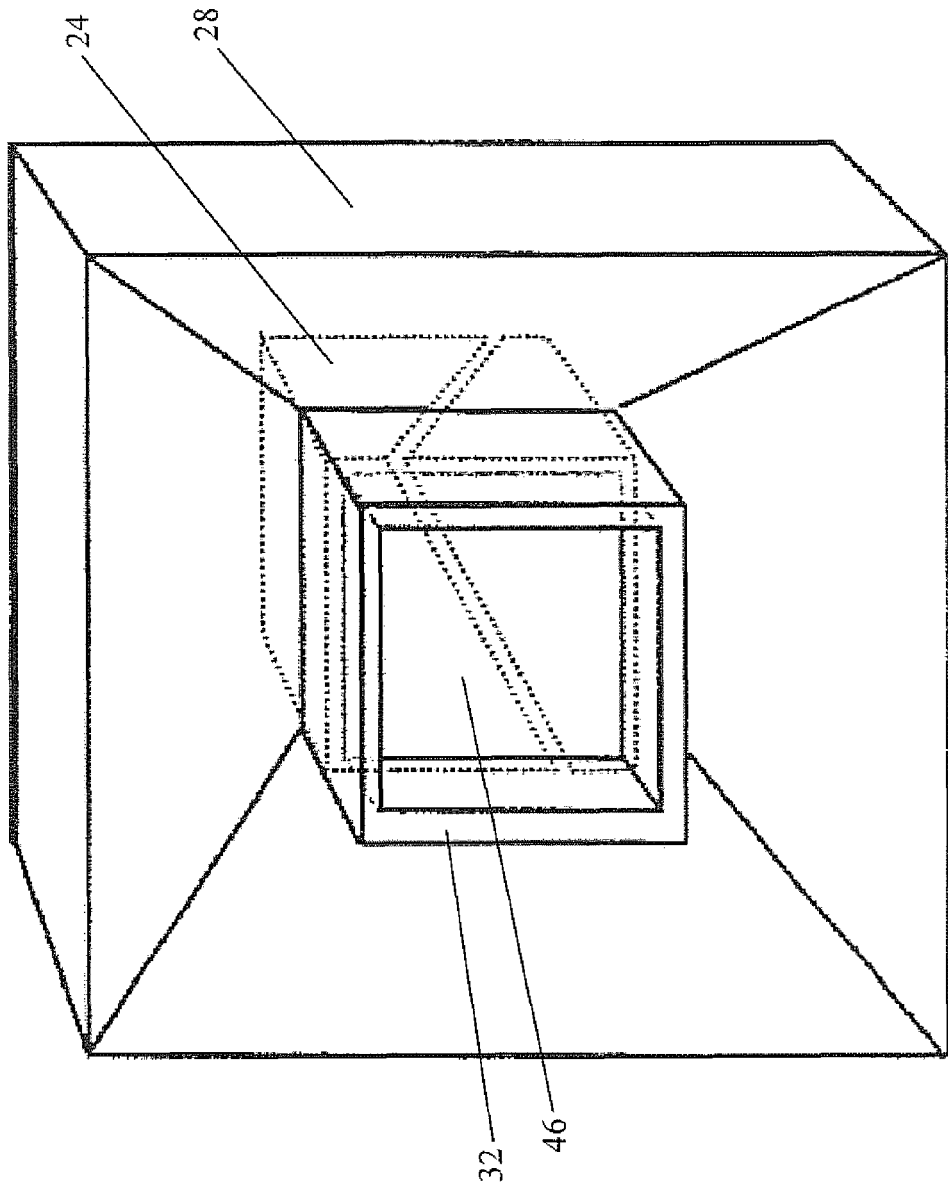
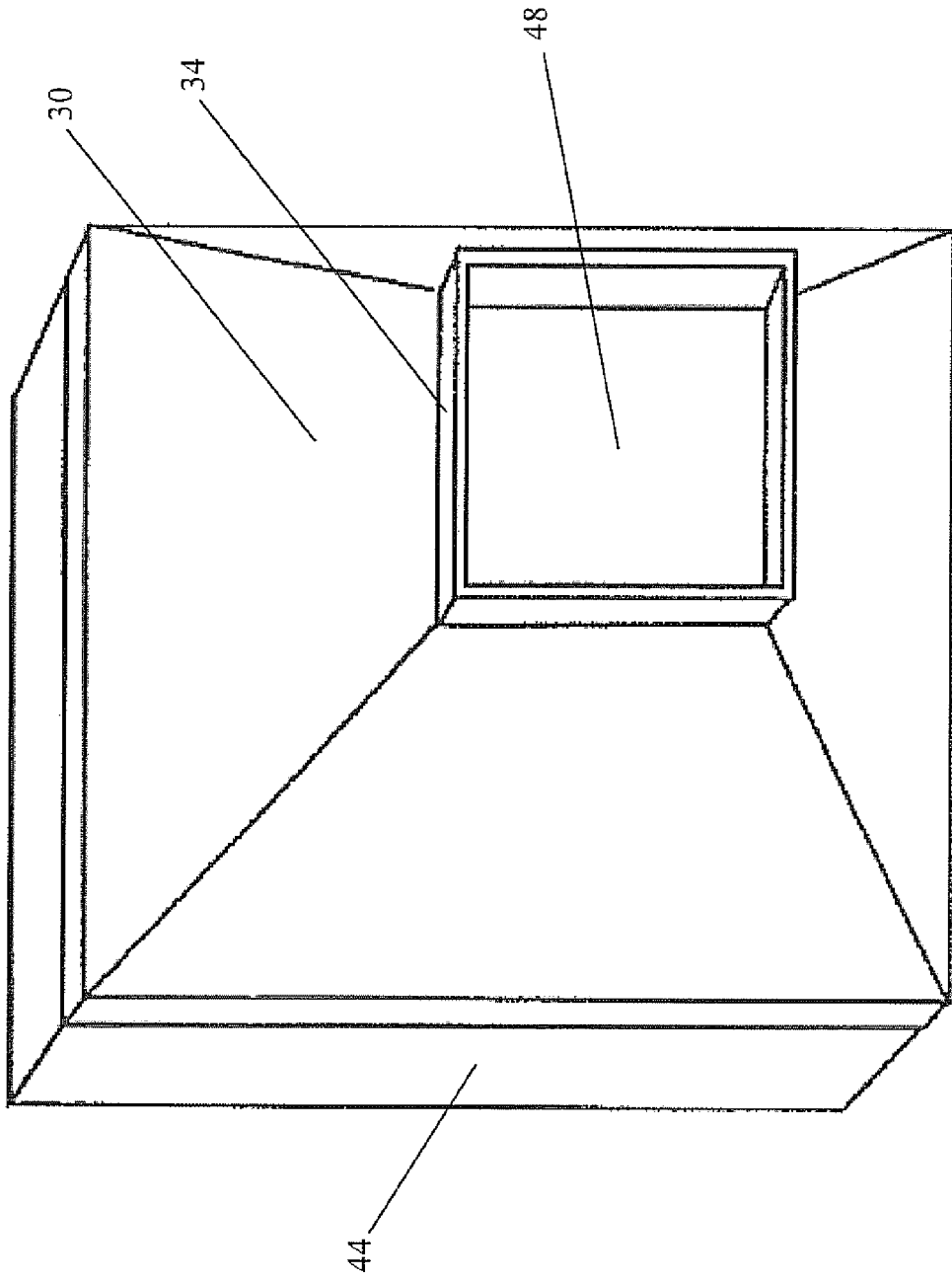
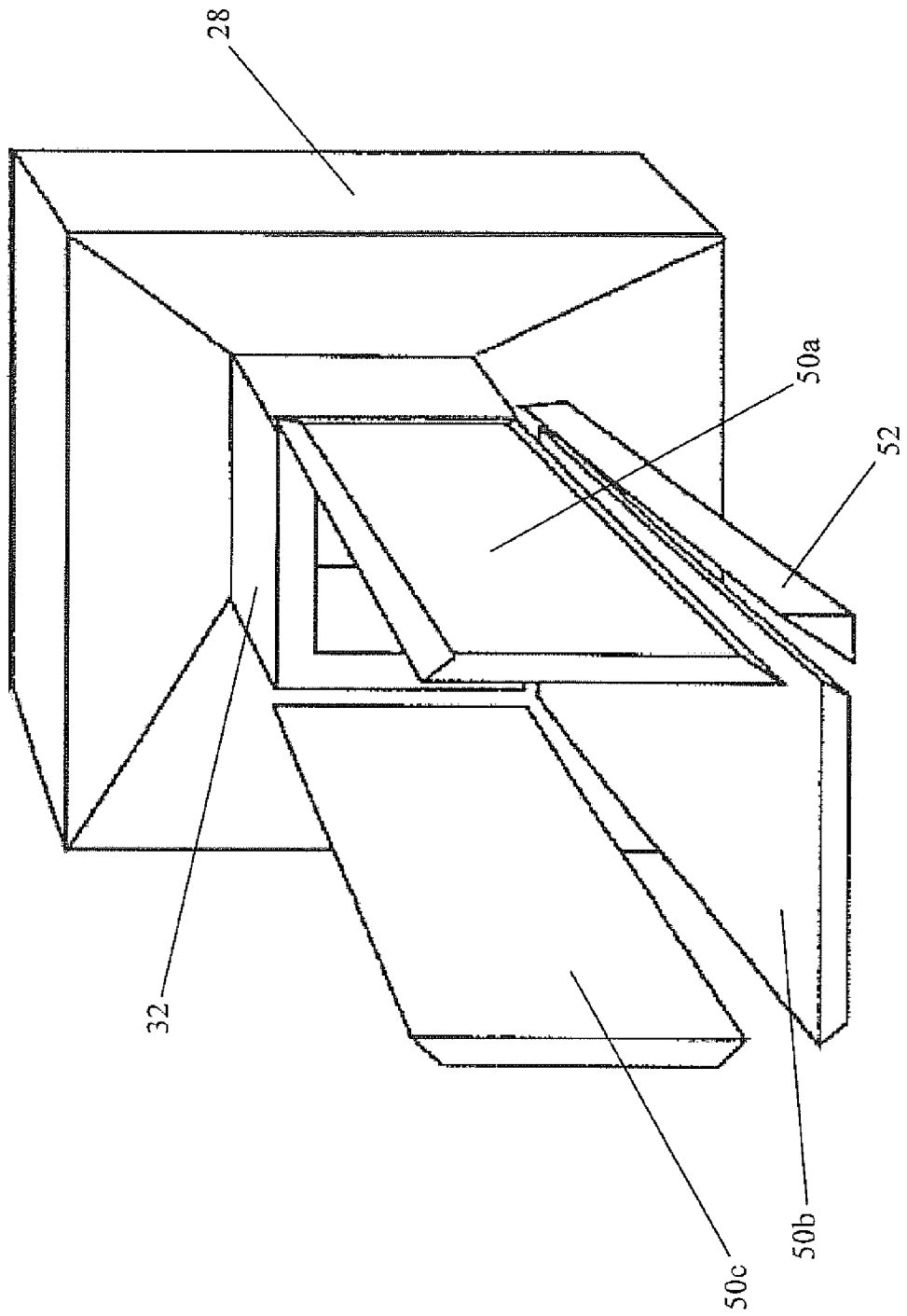


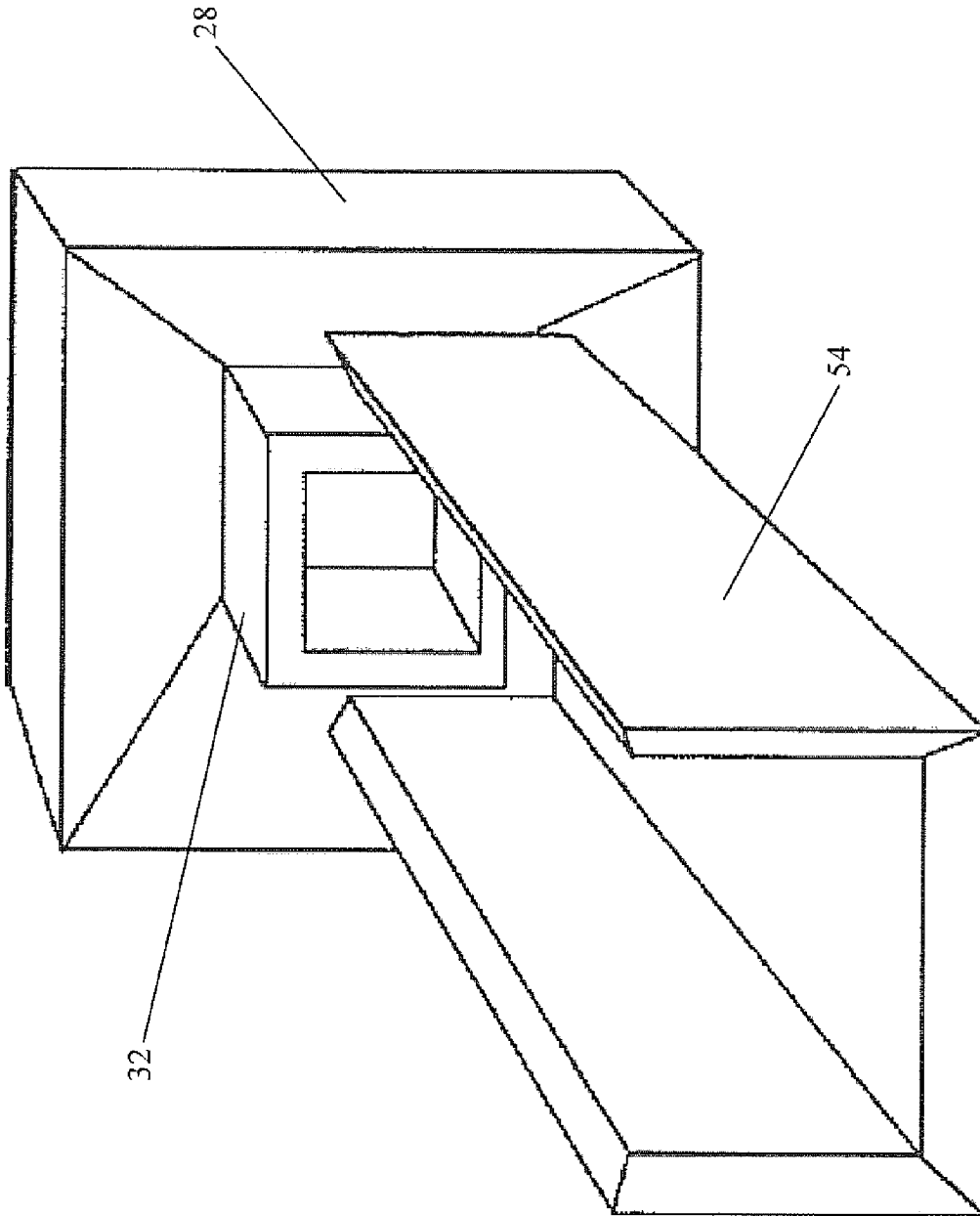
Figure 6



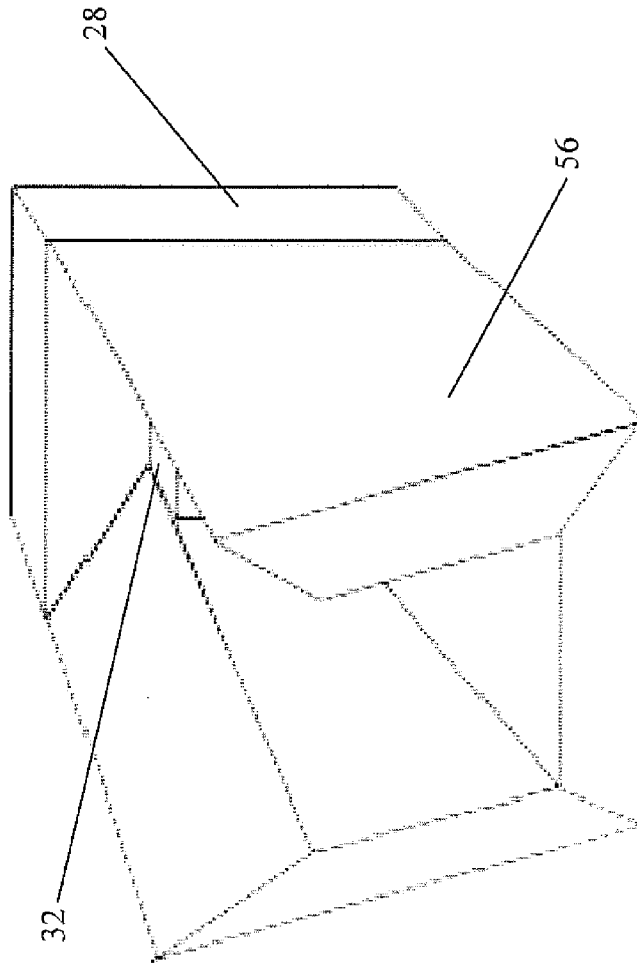
Figur 7



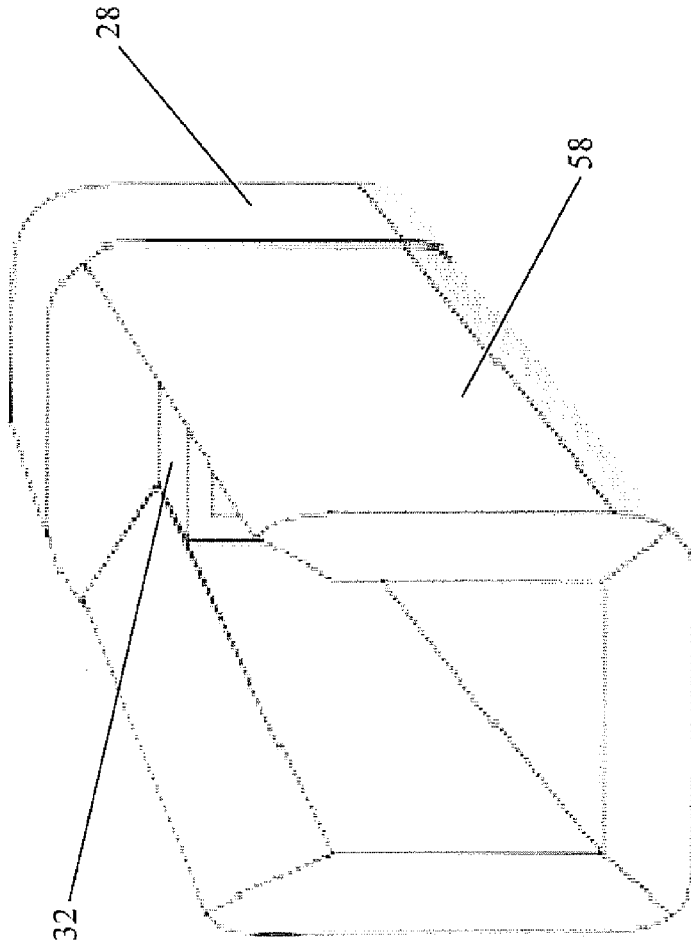
Figur 8



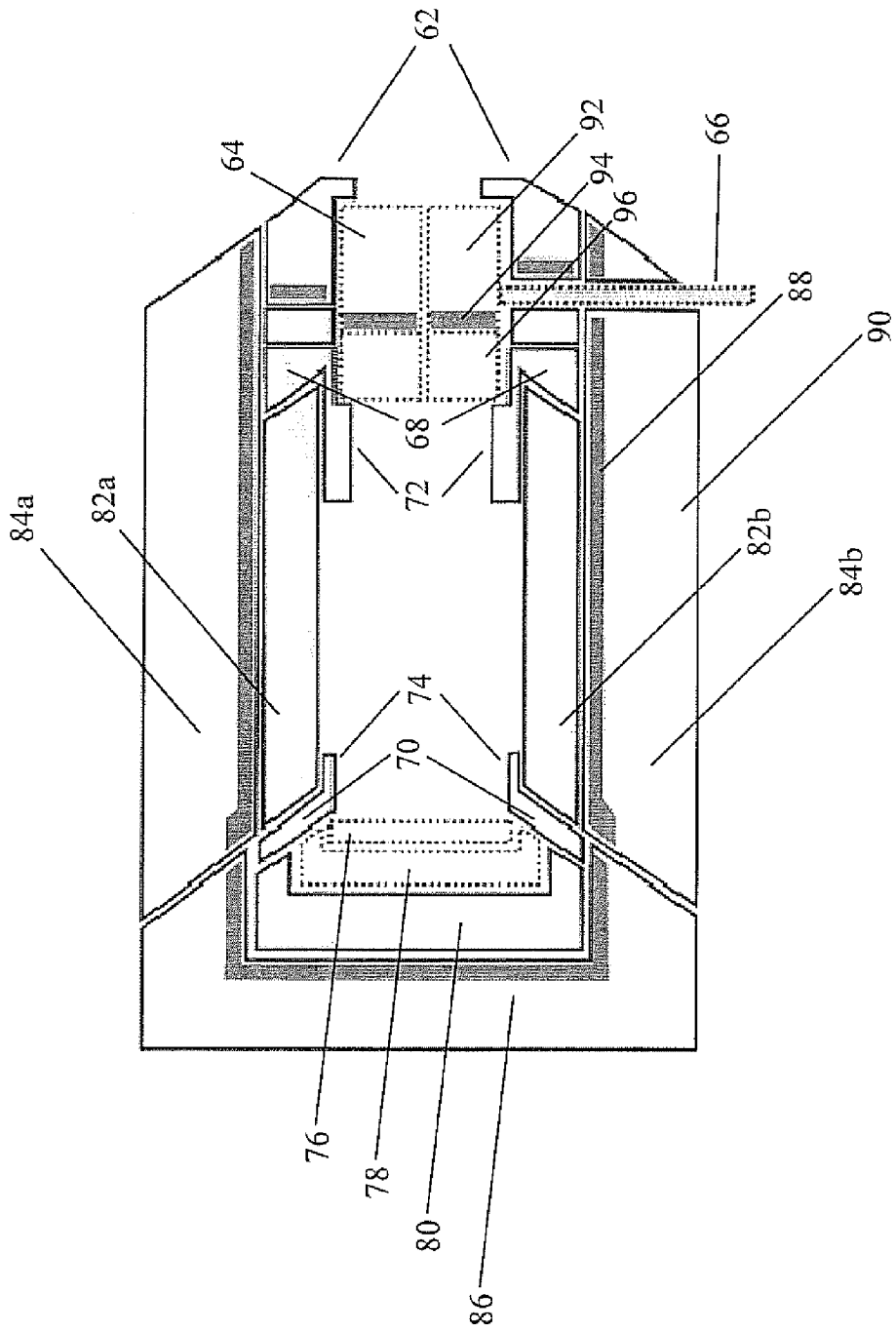
Figur 9



Figur 10



Figur 11





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 11 15 2907

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	DE 42 42 835 A1 (SIEMENS AG [DE]) 7. Juli 1994 (1994-07-07) * Spalte 1, Zeilen 25,37-39 * -----	1	INV. G21K1/02
A	DE 10 2005 029674 A1 (BAM BUNDESANSTALT MATFORSCHUNG [DE]) 28. Dezember 2006 (2006-12-28) * das ganze Dokument * -----	1	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			G21K A61B G01N
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 29. Juni 2011	Prüfer Oestreich, Sebastian
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument ..... & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

1  
EPO FORM 1503 03.02 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT  
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 11 15 2907

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.  
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

29-06-2011

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 4242835 A1	07-07-1994	KEINE	
-----			
DE 102005029674 A1	28-12-2006	EP 1897095 A2	12-03-2008
		WO 2006136545 A2	28-12-2006
-----			

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

**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 102005029674 [0006]
- DE 102008025109754 [0006]
- EP 09178329 A [0006]
- DE 102009021750954 [0006]