



(10) **DE 10 2012 105 220 A1** 2012.12.20

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2012 105 220.4**

(22) Anmeldetag: **15.06.2012**

(43) Offenlegungstag: **20.12.2012**

(51) Int Cl.: **G21K 1/02 (2012.01)**

(30) Unionspriorität:  
**13/163,367 17.06.2011 US**

(74) Vertreter:  
**Rüger, Barthelt & Abel, 73728, Esslingen, DE**

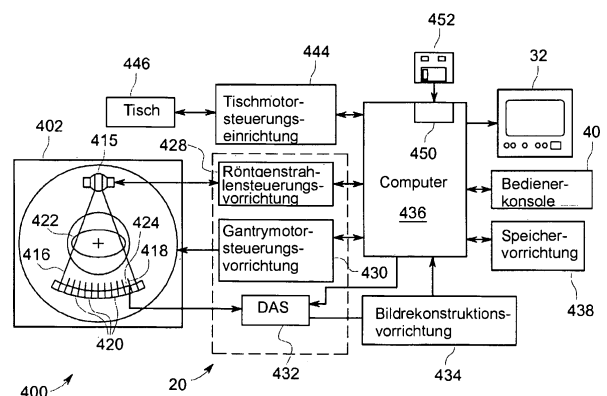
(71) Anmelder:  
**GENERAL ELECTRIC COMPANY, Schenectady,  
N.Y., US**

(72) Erfinder:  
**Ikhlef, Abdelaziz, Waukesha, Wisconsin 53186,  
US; Lacey, Joseph James, Waukesha, Wisconsin,  
US**

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Kollimationsverfahren und -vorrichtung für Detektoren**

(57) Zusammenfassung: Es sind Verfahren und Vorrichtungen zur Kollimation von Detektoren in einem Bildgebungssystem geschaffen. Bildgebungssystem (400) enthält eine Strahlungsquelle (415), die eingerichtet ist, um eine Strahlung (416) von einem Brennfleck (262) auf ein Objekt zu projizieren, und mehrere Strahlungsdetektoren (420), die um wenigstens einen Abschnitt des Objekts (422) herum angeordnet sind. Die mehreren Strahlungsdetektoren (420) detektieren empfangene Strahlung (416) entlang eines von dem Brennfleck (262) zu den mehreren Detektoren (420) projizierten Pfads. Das Bildgebungssystem enthält ferner mehrere Kollimatoren (418), die zwischen dem Objekt (422) und den mehreren Detektoren (420) angeordnet sind, wobei die Kollimatoren (418) eine verjüngte (308, 264, 266) Konfiguration aufweisen.



**Beschreibung****HINTERGRUND ZU DER ERFINDUNG**

**[0001]** Der hierin offenbarte Gegenstand bezieht sich allgemein auf hinter dem Objekt angeordnete Kollimatoren für Detektoren (z. B., Kollimatoren, die an den Detektoren angeordnet sind, die Röntgenstrahlen detektieren, nachdem diese einen Patienten durchdrungen haben) und spezieller auf Kollimatoren für Bildgebungsdetektoren, wie z. B. Computertomographie(CT)-Scanner.

**[0002]** Mehrschicht-Bildgebungsscanner, z. B. Mehrschicht-CT-Scanner, die eine erhöhte Geschwindigkeit und größere Abdeckungsbereiche aufweisen, können diagnostische Bilder mit höheren Auflösungen liefern. Es können beispielsweise Bilder mit mehr anatomischen Details oder diagnostisch relevanten Informationen geschaffen werden. Zum Beispiel können verschiedene für eine Diagnose interessierende Details kleine Strukturen, Merkmale und Objekte, die zu normaler Pathologie und zu verschiedenen pathologischen Zuständen gehören, sein. Einer der einschränkenden Faktoren bei der Visualisierung dieser kleinen Strukturen und Merkmale können jedoch die durch das Bildgebungssystem eingebrachten Artefakte sein. Insbesondere ist in medizinischen Bildgebungssystemen ein solcher bekannter einschränkender Faktor, der während einer Bildrekonstruktion Bildartefakte einbringen kann, eine Brennfleckdrift, die auch als Brennfleckbewegung bezeichnet wird.

**[0003]** Die Brennfleckbewegung kann durch verschiedene Faktoren verursacht sein, unter anderen z. B. durch die Bewegung des Gantrysystems relativ zu dem gescannten Objekt, Kalibrierungsfehler des Bildgebungssystems, Luftkalibrierungsfehler, Fehlausrichtung der Anode oder Verschlechterung des Glases der Röntgenstrahlröhre, Oszillation des Brennflecks aufgrund von mechanischen Vibrationen, thermische Veränderungen. Somit führt eine Reduktion der Brennfleckbewegung zu einer Reduktion von Artefakten in rekonstruierten Bildern.

**[0004]** Einige herkömmliche Bildgebungssysteme verwenden geschrägte Detektorkollimatoren, um den Detektor bezüglich der Brennfleckbewegung unempfindlich zu machen. Durch Schrägung des Kollimators wird eine Kollimation auf beiden Seiten eines Pixels erzielt. Diese schräg angesetzte Kollimation reduziert jedoch den Lichteinfall, weil die Röntgenstrahlenöffnung reduziert wird. Die Schrägung reduziert die geometrische Effizienz des Detektors aber verringert die Empfindlichkeit des Kollimators gegenüber geometrischen Toleranzen und der Brennfleckbewegung.

**KURZBESCHREIBUNG DER ERFINDUNG**

**[0005]** Gemäß einer Ausführungsform ist ein Bildgebungssystem geschaffen, das eine Strahlungsquelle, die eingerichtet ist, um eine Strahlung von einem Brennfleck auf ein Objekt zu projizieren, und mehrere Strahlungsdetektoren enthält, die um wenigstens einen Abschnitt des Objektes herum angeordnet sind. Die mehreren Strahlungsdetektoren detektieren empfangene Strahlung entlang eines von dem Brennfleck zu den mehreren Detektoren projizierten Pfads. Das Bildgebungssystem weist ferner mehrere Kollimatoren auf, die zwischen dem Objekt und den mehreren Detektoren angeordnet sind, wobei die Kollimatoren eine verjüngte Konfiguration aufweisen.

**[0006]** Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist ein Verfahren zur Kollimation eines Strahlungsdetektors geschaffen. Das Verfahren enthält ein Anordnen mehrerer Strahlungsdetektoren, um wenigstens einen Abschnitt eines Objekts zu umgeben, und Vorsehen mehrerer Kollimatoren mit verjüngten Kanten zwischen dem Objekt und den mehreren Detektoren, wobei die mehreren Kollimatoren mit verjüngten Kanten konfiguriert sind, um die Bestrahlung der mehreren Strahlungsdetektoren gegenüber einem Bereich von Brennfleckpositionen zu erhöhen. Das Verfahren enthält ferner ein Konfigurieren der mehreren Strahlungsdetektoren zur Messung einer übertragenen Strahlung entlang eines von einem Brennfleck zu den mehreren Strahlungsdetektoren durch das Objekt projizierten Pfads.

**[0007]** Gemäß einer noch weiteren Ausführungsform ist ein Verfahren zur Herstellung eines Kollimators für ein Bildgebungssystem geschaffen. Das Verfahren enthält ein Ausbilden mehrerer Kollimatorelemente, die Wände für mehrere Kanäle für den Kollimator definieren, und Schaffen einer verjüngten Neigung auf einer ersten Seite der mehreren Kollimatorelemente und einer verjüngten Neigung auf einer zweiten Seite der mehreren Kollimatorelemente.

**KURZBESCHREIBUNG DER ABBILDUNGEN**

**[0008]** Die Zeichnungen veranschaulichen allgemein beispielhaft, aber nicht einschränkend, verschiedene in dem vorliegenden Dokument beschriebene Ausführungsformen.

**[0009]** [Fig. 1](#) zeigt eine perspektivische Ansicht eines rechteckigen Kollimators.

**[0010]** [Fig. 2](#) zeigt eine perspektivische Ansicht des rechteckigen Kollimators aus [Fig. 1](#), die eine Detektoranordnung zeigt.

**[0011]** [Fig. 3](#) veranschaulicht einen Kollimator mit verjüngten Kanten, der gemäß einer Ausführungsform ausgebildet ist.

**[0012]** [Fig. 4](#) veranschaulicht Kollimatorplatten eines Kollimators mit verjüngten Kanten, der gemäß einer anderen Ausführungsform ausgebildet ist.

**[0013]** [Fig. 5](#) veranschaulicht einen Kollimator mit verjüngten Kanten, der gemäß einer weiteren Ausführungsform unter Verwendung der Kollimatorplatten aus [Fig. 4](#) ausgebildet ist.

**[0014]** [Fig. 6](#) zeigt eine perspektivische Ansicht eines Bildgebungssystems, das einen gemäß verschiedenen Ausführungsformen ausgebildeten Kollimator aufweisen kann.

**[0015]** [Fig. 7](#) zeigt ein schematisches Blockdiagramm des in [Fig. 6](#) veranschaulichten Bildgebungssystems.

#### DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

**[0016]** Die vorstehende Kurzbeschreibung sowie die folgende detaillierte Beschreibung bestimmter Ausführungsformen des hierin dargelegten Gegenstands werden besser verstanden, wenn sie in Verbindung mit den beigefügten Zeichnungen gelesen werden. In dem hier verwendeten Sinne sollte ein Element oder Schritt, das bzw. der in der Einzahl angegeben und dem das Wort „ein“ oder „eine“ vorangestellt ist, nicht derart verstanden werden, dass es eine Mehrzahl dieser Elemente oder Schritte ausschließt, sofern ein derartiger Ausschluss nicht ausdrücklich angegeben ist. Außerdem sollen Bezugnahmen auf „eine Ausführungsform“ nicht derart ausgelegt werden, als würden sie die Existenz weiterer Ausführungsformen ausschließen, die ebenfalls die angegebenen Merkmale enthalten. Darüber hinaus können, sofern nicht explizit das Gegenteil angegeben ist, Ausführungsformen, die ein Element oder mehrere Elemente mit einer bestimmten Eigenschaft „aufweisen“ oder „enthalten“, weitere derartige Elemente enthalten, die diese Eigenschaft nicht haben.

**[0017]** In der vorliegenden detaillierten Beschreibung wird auf die beigefügten Zeichnungen Bezug genommen, die einen Teil hiervon bilden und in welchen zur Veranschaulichung spezielle Ausführungsformen veranschaulicht sind, in denen der hierin offenbarte Gegenstand umgesetzt werden kann. Diese Ausführungsformen, auf die hierin auch als „Beispiele“ Bezug genommen wird, sind ausreichend detailliert beschrieben, um einen gewöhnlichen Fachmann zu befähigen, den hierin offenbarten Gegenstand umzusetzen. Es soll verstanden werden, dass die Ausführungsformen in Kombination miteinander oder dass andere Ausführungsformen eingesetzt sein können und dass strukturelle, logische und elektrische Veränderungen ausgeführt werden können, ohne den Umfang des hierin offenbarten Gegenstands zu verlassen. Die folgende detaillierte Be-

schreibung soll deshalb nicht in einem einschränkenden Sinne verstanden werden, und der Umfang des hierin offenbarten Gegenstands ist durch die beigefügten Ansprüche und ihre Äquivalente definiert. In der folgenden Beschreibung werden gleiche Zahlen oder Bezugszeichen durchwegs zur Bezugnahme auf gleiche Teile oder Elemente verwendet. In diesem Dokument werden, wie in der Patentliteratur üblich, die Begriffe „ein“ oder „eine“ derart verwendet, dass sie ein oder mehr als eines umfassen. Sofern nicht anderweitig angezeigt wird, wird in diesem Dokument der Begriff „oder“ als ein nicht exklusives ODER verwendet.

**[0018]** [Fig. 1](#) zeigt eine perspektivische Ansicht einer Kollimatoranordnung **100**, die eine Rahmenstruktur veranschaulicht, die aus einer oberen Halterung **104** und einer unteren Halterung **106** gebildet ist, die als Stützglieder oder Basen/Halter veranschaulicht sind. Die obere Stützvorrichtung **104** und die untere Stützvorrichtung **106** können zur Ausrichtung der Kollimatorplatten, die als rechteckige Kollimatorwände **102** veranschaulicht sind, aus einem beliebigen geeigneten Material, z. B. Karbon oder einem anderen Material mit niedriger Ordnungszahl ausgebildet sein. Die Kollimatoranordnung **100** weist einen im Wesentlichen rechteckigen Querschnitt auf und enthält mehrere Wände **102**. Die mehreren Kollimatorwände **102** (veranschaulicht als im Wesentlichen parallele Platten) sind zwischen der oberen Halterung **104** und der unteren Halterung **106** montiert. Die obere Halterung **104** und die untere Halterung **106** können beispielsweise innerhalb von Schlitten oder Nuten der oberen Halterung **104** und der unteren Halterung **106** gelagert sein. Die Schlitte oder Nuten definieren die Ausrichtung der Wände **102**. Es sollte beachtet werden, dass Variationen erwogen werden. Beispielsweise können abnehmbare Befestigungen oder Stützen verwendet werden, die an der Stelle aufgeklebt sein können, um die Wände **102** zu halten. Als weiteres Beispiel können die Wände **102** Laschen aufweisen, die mit den Öffnungen in den Befestigungen oder Stützen ausgerichtet sind.

**[0019]** Die obere Halterung **104** und die untere Halterung **106** sind somit eingerichtet, um die Wände **102** an Ort und Stelle zu stützen, um mehrere Kanäle **108** zwischen benachbarten Wänden **102** zu erzeugen. Im Betrieb lenkt jeder Kollimatkanal **108** Strahlung von einer Strahlungsquelle zu einem (in [Fig. 2](#) veranschaulichten) Detektorarray **152**.

**[0020]** [Fig. 2](#) zeigt eine perspektivische Ansicht der Kollimatoranordnung **100** aus [Fig. 1](#) und veranschaulicht eine Detektoranordnung, die als das Detektorarray **152** (z. B. ein pixelierter Bildgebungsdetektor) gezeigt ist. [Fig. 2](#) veranschaulicht einen Brennfleckbereich **158**. Das Detektorarray **152** weist mehrere Detektorelemente auf, von denen jedes die Intensität der übertragenen Strahlung entlang eines Strahlenpfads

**156**, der von der Röntgenstrahlquelle, insbesondere von einem Brennfleck **154** der Röntgenstrahlquelle, zu einem bestimmten Element des Detektorarrays **152** projiziert wird, misst. In einer Ausführungsform kann das Detektorarray **152** eine Anordnung von Detektorelementen sein, die in einer einzigen Dimension zusammengebaut sind. In einer alternativen Ausführungsform kann das Detektorarray **152** eine Anordnung von Detektorelementen sein, die in zwei Dimensionen zusammengebaut sind.

**[0021]** In einer Ausführungsform können der Brennfleck **154**, die Kollimatoranordnung **100** und das Detektorarray **152** auf einer Rahmenstruktur montiert sein. Die Rahmenstruktur kann so auf Seitenträgern erhöht sein, so dass sie ein zu scannendes Objekt (z. B. einen Patienten) umspannt. Beispielsweise kann die Rahmenstruktur eine geeignete Bildgebungsgantry mit einer durch sie hindurchführenden Bohrung oder zentralen Öffnung sein. Ein zu scannendes Objekt wird in der Bohrung positioniert.

**[0022]** Der Brennfleck **154**, die Kollimatoranordnung **100** und das Detektorarray **152** können alle umlaufen. Beispielsweise kann das Detektorarray **152** Strahlungsprojektionen des gescannten Objekts bei verschiedenen Drehwinkeln detektieren. Bei jedem Gantrywinkel wird von dem Detektorarray **152** eine Projektion akquiriert. Die Gantry wird dann zu einem neuen Gantrywinkel gedreht (was in verschiedenen Ausführungsformen kontinuierlich erfolgt), und eine weitere Projektion wird akquiriert. Der Prozess aus Drehung und Akquisition wird wiederholt, um zur Erzeugung eines Projektionsdatensatzes die mehreren Projektionen für die zugehörigen Gantrywinkel zu akquirieren. Die von dem Detektorarray **152** erfasste Projektion erzeugt ein Intensitätssignal.

**[0023]** Es sollte beachtet werden, dass sich Brennfleck, wie hierin verwendet, allgemein auf einen Bereich bezieht, von dem aus Strahlungen projiziert werden oder von dem die Strahlungen ausgehen. Beispielsweise kann der Brennfleck **154** ein Bereich auf einer Anode einer Röntgenstrahlröhre sein. Die Röntgenstrahlröhre kann als Teil eines Röntgenbildgebungssystems, einschließlich z. B. für Projektionsradiographie und/oder CT, verwendet werden.

**[0024]** Der Brennfleck **154** kann, wenn er entlang des zentralen Strahlenbündels in einem Feld betrachtet wird, als ein Quadrat geformt sein. Beispielsweise kann die Größe des Brennflecks  $0,6 \times 0,6 \text{ mm}^2$  betragen. In einer Ausführungsform kann der Brennfleck **154** auf der Anode jedoch rechteckig sein. Wenn die Anode geneigt ist, weist die quadratische Ansicht des Brennflecks **154**, wenn dieser zurück auf die Anode projiziert wird, eine längliche Kante auf. Im Betrieb beeinflusst die Größe des Brennflecks **154** die räumliche Auflösung des Bildgebungssystems. Somit ist die räumliche Auflösung umso höher, je klei-

ner der Brennfleck **154** ist. Zusätzlich kann die geometrische Schärfe durch eine Bewegung des Brennflecks **154** beeinflusst sein. Die geometrische Schärfe hängt im Wesentlichen von der Lage des gescannten Objekts relativ zu dem Brennfleck **154** und zu dem Detektor, der die Projektion empfängt, ab. Dementsprechend kann die Bewegung des Brennflecks **154** durch Einbringung von Bildartefakten in den rekonstruierten Bildern die räumliche Auflösung beschränken und die geometrische Schärfe des Bildgebungssystems beeinflussen.

**[0025]** Wie hierin verwendet, bezieht sich die Brennfleckbereich **158** allgemein auf eine Summe eines maximalen Versatzes des Brennflecks **154** von der ursprünglichen Position **160** in beiden Richtungen in einer Dimension, so dass ein von dem Brennfleck **154** projizierter oder ausgehender Strahl direkt von dem Detektor empfangen werden kann. Beispielsweise kann der Brennfleckbereich **158** als ein Versatz der Brennfleckposition während der Systemkalibrierung gemessen werden. Wenn die Kollimatoranordnung **100** mit einem rechteckigen Querschnitt verwendet wird, wie in [Fig. 2](#) gezeigt, kann der Kollimator den Brennfleckbereich, von dem der Detektor Strahlungen empfangen kann, beschränken. Folglich können die räumliche Auflösung und die geometrische Schärfe erhöht werden, wenn die Strahlung von dem sich bewegendem Brennfleck reduziert oder abgeblockt wird. Gemäß einigen Ausführungsformen ist ein Kollimator mit verjüngten Platten oder Wänden geschaffen. Beispielsweise verjüngen sich die verjüngten Platten oder Wände in Richtung des Brennflecks. In einer Ausführungsform können mehrere verjüngte Platten aus mehrschichtigen Platten gebildet werden. Der durch die Verjüngung gebildete Winkel definiert den Bereich der Brennfleckbewegung. Somit können durch Anwendung verschiedener Ausführungsformen Detektoren ohne irgendeine Schrägung vorgesehen werden.

**[0026]** [Fig. 3](#) veranschaulicht eine Kollimatoranordnung mit verjüngten Platten, die verjüngte Kollimatorplatten **250** gemäß einer Ausführungsform aufweist. Die Platten **250** sind im Allgemeinen weiter an einer Basis **256** (näher an einer Oberfläche eines oder mehrerer Detektoren **254**) und spitz zulaufend bis zu einer dünneren Weite an einer Oberseite **258**. In der veranschaulichten Ausführungsform weisen die Kollimatorplatten **250** eine Verjüngungsneigung oder einen Verjüngungswinkel auf einer ersten Seite **264** und in ähnlicher Weise aber entgegengesetzt verjüngt eine Verjüngungsneigung und einen Verjüngungswinkel auf der zweiten Seite **266** der Kollimatorplatten **250** auf. In einer Ausführungsform können die Neigung auf der ersten Seite **264** und die Neigung auf der zweiten Seite **266** gleich sein. In einer alternativen Ausführungsform können die Neigung auf der ersten Seite **264** und die Neigung auf der zweiten Seite **266** verschieden sein. Somit weisen die Kollimator-



platten **250** in verschiedenen Ausführungsformen einen im Wesentlichen trapezförmigen Querschnitt auf.

**[0027]** Somit sind in der veranschaulichten Ausführungsform die Kollimatorplatten **250** über den Detektoren **254**, benachbart zu diesen oder an diese angrenzend angeordnet (z. B. montiert), so dass die weitere Basis **256** näher an den Detektoren **254** liegt und die dünnste Kante an der Oberseite **258** der Kollimatorplatten **250** näher an dem Brennfleck **262** liegt. Die Kollimatoranordnung mit verjüngten Kanten ergibt einen weiteren Brennfleckbereich **260** für den Empfang der Strahlung von dem Brennfleck **262**, die auf den Detektor **254** auftrifft und von diesem detektiert wird. Somit kann die Kollimatoranordnung mit verjüngten Kanten die Empfindlichkeit bezüglich der Brennfleckbewegung durch die Schaffung des Brennflecks **262** mit einem vergrößerten Brennfleckbereich **260** reduzieren. Wie ersichtlich, ist, wie in [Fig. 2](#) gezeigt, der Brennfleckbereich **260** für die Anordnung mit den verjüngten Kollimatorplatten **250** größer als der Brennfleckbereich **158** für die Kollimatoranordnung **100** mit im Wesentlichen rechtwinkligen Wänden **102**.

**[0028]** Im Betrieb ermöglichen die verjüngten Seiten **264** und **266** eine Nutzung aller vier Kanten an der dickeren Basis **256** der Kollimatoranordnung. Die vier Basiskanten hindern die Strahlung daran, die Detektoren **254** zu erreichen. Zusätzlich bildet die Oberseite **258** des Kollimators mit der verjüngten Kante **252** eine breitere Öffnung für die Kanäle **268**. Die Kanäle **268** weisen eine Einlassöffnung **270** und eine Auslassöffnung **272** auf, wobei in verschiedenen Ausführungsformen die Einlassöffnung **270** weiter als die Auslassöffnung **272** ist. Die Einlassöffnung **270** und die Auslassöffnung **272** können z. B. als Funktion der Brennfleckgröße angepasst werden. Somit kann die verjüngte Kante **252** eine geringere Empfindlichkeit auf eine Bewegung des Brennflecks **262** erzielen und dabei gleichzeitig eine Streuunterdrückung von dem gescannten Objekt ermöglichen.

**[0029]** In einer Ausführungsform können die Kollimatorplatten **250** mit den verjüngten Kanten **252** als ein einziger einheitlicher Körper ausgebildet sein, z. B. unter Verwendung eines Gußprozesses. Wie nachstehend beschrieben, können die Kollimatorplatten **250** jedoch aus mehreren Elementen oder unter Verwendung unterschiedlicher Herstellungsprozesse erzeugt werden.

**[0030]** Insbesondere veranschaulicht [Fig. 4](#) eine andere Ausführungsform einer Kollimatoranordnung **300** mit verjüngten Kanten, die verwendet werden kann, um eine Wand zu definieren, die verwendet wird, um eine Mehrkanalkollimation zu schaffen, wie in [Fig. 5](#) gezeigt. Die Kollimatoranordnung **300** mit verjüngten Kanten ist aus mehreren dünnen Platten ausgebildet, die miteinander gekoppelt sind, um eine

stufenartige oder inkrementelle Neigung zu schaffen. Beispielsweise wird die Kollimatoranordnung **300** mit verjüngten Kanten aus einer Kollimatorplatte **302**, einem Paar von Kollimatorplatten **304** und einem Paar von Kollimatorplatten **306** gebildet. Es sollte beachtet werden, dass, obwohl fünf Kollimatorplatten (gezeigt sind), zusätzliche oder weniger Platten vorgesehen sein können.

**[0031]** In einer Ausführungsform ist die Kollimatoranordnung **300** mit verjüngten Kanten unter Verwendung mehrerer geschichteter dünner Kollimatorplatten gebildet, die als im Wesentlichen ebenflächige Platten veranschaulicht sind. Die Kollimatorplatten **302**, **304** und **306** können jedoch ebenso geneigte oder verjüngte Kanten aufweisen.

**[0032]** Die Kollimatorplatten **302**, **304** und **306** sind derart angeordnet, dass die größte Kollimatorplatte **302** (d. h. die mit der größten Länge oder Höhe) in der Mitte zwischen den beiden Kollimatorplatten **304** angeordnet ist, die kürzer als die Kollimatorplatte **302** sind. Entsprechend sind die Kollimatorplatten **304** auf jeder Seite der Kollimatorplatte **302** vorgesehen. Es sollte beachtet werden, dass der Unterschied in den Höhen der Kollimatorplatten **302**, **304** und **306** wie gewünscht oder benötigt variiert werden kann. Die Anzahl der beschichteten dünnen Platten hängt z. B. von der erwünschten Unterdrückung der Streustrahlung im Vergleich zur Primärstrahlung und von dem Bereich der Brennfleckbewegung ab.

**[0033]** Die beiden Kollimatorplatten **306** sind auf beiden Seite der Kollimatorplatten **304** angeordnet, so dass die Kollimatorplatten **304** zwischen der Kollimatorplatte **302** und den Kollimatorplatten **306** eingefügt sind. Die Kollimatorplatten **306** sind kürzer als die Kollimatorplatten **302** und **304**. Es können weitere Kollimatorplatten zur weiteren Ausbildung der Neigung vorgesehen sein.

**[0034]** Die Kollimatorplatten **302**, **304** und **306** können unter Verwendung geeigneter Klebemittel, z. B. eines Leims oder eines Epoxidklebers, miteinander gekoppelt sein. Somit werden die Kollimatorplatten **302**, **304** und **306** in einer Ausführungsform gesondert gefertigt und anschließend miteinander verbunden. In anderen Ausführungsformen können die Kollimatorplatten **302**, **304** und **306** in einem einzigen Gußprozess geformt werden. Die Kollimatorplatten **302**, **304** und **306** können die gleiche Dicke oder verschiedene Dicken aufweisen oder können aus unterschiedlichen Materialien beschaffen sein. In einer Ausführungsform sind die Kollimatorplatten **302**, **304** und **306** z. B. jeweils 40 µm starke Platten, die gestapelt und miteinander verbunden sind, wie bspw. die fünf veranschaulichten Platten, um eine 200 µm starke Kollimatoranordnung zu schaffen. Optional können die Kollimatorplatten laminiert sein. Es sollte beachtet werden, dass, obwohl fünf Kollimatorplatten

veranschaulicht sind, die Anzahl der zur Schaffung des verjüngten Kollimators verwendeten Kollimatorplatten größer oder kleiner als fünf Platten sein kann. Beispielsweise kann die Anzahl der zur Schaffung eines verjüngten Kollimators verwendeten Kollimatorplatten auf der Basis der von den Detektoren empfangenen Streustrahlung (z. B. auf Basis des Verhältnisses von Streuung zu Primärstrahlung) bestimmt werden. Als ein weiteres Beispiel kann die Anzahl der zur Schaffung eines verjüngten Kollimators verwendeten Kollimatorplatten auf der Basis der Brennfleckbewegung bestimmt werden.

**[0035]** Es sollte beachtet werden, dass verschiedene Herstellungsprozesse zur Erzeugung der Kollimatorplatten **302**, **304** und **306** verwendet werden können. Beispielsweise können die Kollimatorplatten **302**, **304** und **306** unter Verwendung eines Sinterprozesses oder als Gußplatten (z. B. Epoxid + W, Blei, Epoxid + Füller mit hoher Ordnungszahl Z) gebildet werden. Als ein anderes Beispiel können die Kollimatorplatten **302**, **304** und **306** als selektiv chemisch geätzte Platten erzeugt werden.

**[0036]** Die stufenartige Anordnung definiert somit einen durch die verjüngte Kante **308** erzeugten Winkel, der die Toleranzweite der Brennfleckbewegung definiert, was eine Lockerung der Spezifikation für die Brennfleckbewegung der Röntgenstrahlröhre ermöglichen kann. Die Änderung der Höhe der Kollimatorplatten **302**, **304** und **306** definiert einen Neigungswinkel für die Kollimation.

**[0037]** **Fig. 5** veranschaulicht die Kollimatoranordnung **300** mit verjüngter Kante, in der mehrere stufenartige Elemente ausgerichtet sind, um mehrere zu den in **Fig. 3** ähnliche Kanäle zu definieren. Es sollte beachtet werden, dass die stufenartigen Elemente, wie voranstehend in Verbindung mit der **Fig. 3** beschrieben, an ihren Positionen gehalten werden können.

**[0038]** Es sollte beachtet werden, dass ein Bildgebungssystem mit Kollimatorausführungsformen mit verjüngter Kante zusätzlich zu der Reduktion der Bewegung des Brennflecks **202** auf der x-Achse Artefakte reduzieren kann, die in Folge einer Kollimatorneigung und -verbiegung eingestreut wurden.

**[0039]** **Fig. 6** zeigt eine perspektivische Ansicht eines beispielhaften Bildgebungssystems **400**, in dem die verschiedenen Kollimatoranordnungen implementiert werden können. **Fig. 7** zeigt ein schematisches Blockdiagramm des (in **Fig. 6** gezeigten) Bildgebungssystems **400**. In der beispielhaften Ausführungsform ist das Bildgebungssystem **400** ein Multimodalitäts-Bildgebungssystem und weist eine erste Modalitätseinheit **402** und eine zweite Modalitätseinheit **404** auf. Die Modalitätseinheiten **402** und **404** befähigen das System **400**, ein Objekt, beispielsweise

das Subjekt **422** (z. B. einen Patienten), in einer ersten Modalität mit der ersten Modalitätseinheit **402** zu scannen und das Subjekt **422** in einer zweiten Modalität mit der zweiten Modalitätseinheit **404** zu scannen. Das System **400** ermöglicht mehrere Scans in verschiedenen Modalitäten, um gegenüber einem Einzelmodalitätssystem eine erhöhte Diagnosefähigkeit zu unterstützen.

**[0040]** In einer Ausführungsform ist das Multimodalitäts-Bildgebungssystem **400** ein Computertomographie/Positron-Emissions-Tomographie(CT/PET)-Bildgebungssystem **400**. Das CT/PET-System **400** weist eine zu der ersten Modalitätseinheit **402** zugehörige erste Gantry **413** und eine zu der zweiten Modalitätseinheit **404** zugehörige zweite Gantry **414** auf. In anderen Ausführungsformen können andere als CT und PET-Modalitäten mit dem Bildgebungssystem **400** eingesetzt werden. Die Gantry **413** weist die erste Modalitätseinheit **402** auf, die eine Röntgenquelle **415** aufweist, die ein Bündel von Röntgenstrahlen **416** in Richtung mehrerer Detektorelemente **420** auf der gegenüberliegenden Seite der Gantry **413** projiziert.

**[0041]** In einer Ausführungsform weist das Multimodalitäts-Bildgebungssystem **400** mehrere Kollimatoren **418** auf, die zwischen dem Subjekt **422** und den mehreren Detektorelementen **420** angeordnet sind, wobei die Kollimatoren **418** eine verjüngte Bauweise, wie hierin beschrieben, aufweisen. Die verjüngten Kollimatoren **418** können verwendet werden, um Röntgenstrahlung von der Röntgenstrahlröhre zu kollimieren.

**[0042]** In einer alternativen Ausführungsform können die Kollimatoren **418** ein Röntgenstrahlen absorbierendes Material aufweisen. Die Kollimatoren **418** sind so zusammengebaut, dass die benachbarten Kollimatoren **418** in ihnen Kanäle **424** bilden, um Hintergrundstrahlung daran zu hindern, die Detektoren zu erreichen. Die Kanäle **424** weisen eine Einlassöffnung und eine Auslassöffnung auf, wobei die Einlassöffnung weiter als die Auslassöffnung ist. Die Kanaleinlassöffnung und die Kanalauslassöffnung sind als Funktion einer Brennfleckgröße der Röntgenquelle anpassbar.

**[0043]** In einer Ausführungsform weist das Multimodalitäts-Bildgebungssystem **400** die verjüngten Kollimatoren **418** auf, wobei die verjüngten Kollimatoren **418** eine erste Neigung auf einer ersten Seite und eine zweite Neigung auf einer zweiten Seite aufweisen. Die erste Neigung weist einen ersten Neigungswinkel auf, und die zweite Neigung weist einen zweiten Neigungswinkel auf. Wie hierin beschrieben, können der erste Neigungswinkel und der zweite Neigungswinkel gleich oder unterschiedlich sein.

**[0044]** Die Detektorelemente **420** sind durch mehrere (nicht gezeigte) Detektorreihen gebildet, die gemeinsam die projizierten Röntgenstrahlen erfassen, die durch ein Objekt, z. B. das Subjekt **422**, hindurchtreten. Jedes Detektorelement **420** erzeugt ein elektrisches Signal, das die Intensität des auftreffenden Röntgenstrahlbündels repräsentiert und es deshalb ermöglicht, die Abschwächung des Bündels zu bestimmen, wenn das Bündel durch den Patienten **422** hindurchgeht.

**[0045]** Während eines Scanns zur Akquisition von Röntgenprojektionsdaten, drehen sich die Gantry **413** und die an ihr befestigten Komponenten um eine Untersuchungsachse **426** herum. **Fig. 7** zeigt lediglich eine einzige Reihe von Detektoren **420** (d. h. eine Detektorreihe). Ein Detektorarray kann jedoch als ein Mehrschicht-Detektorarray eingerichtet sein, das mehrere parallele Detektorreihen von Detektorelementen **420** aufweist, so dass Projektionsdaten, die mehreren Schichten entsprechen, während eines Scanns simultan akquiriert werden können.

**[0046]** Die Drehung der Gantry **413** und der Betrieb der Röntgenquelle **415** werden durch eine Systemsteuereinrichtung **423** des CT/PET-Systems **400** gesteuert. Die Systemsteuereinrichtung **423** enthält eine Röntgenstrahlensteuereinrichtung **428**, die Leistungs- und Zeitsteuerungssignale zu der Röntgenquelle **415** liefert, und eine Gantrymotorsteuereinrichtung **430**, die die Drehgeschwindigkeit und -position der Gantry **413** steuert. Ein Datenaquisitionssystem (DAS) **432** der Systemsteuereinrichtung **423** tastet Daten von den Detektorelementen **420** für eine nachfolgende Verarbeitung ab, wie vorstehend beschrieben. Eine Bildrekonstruktionsvorrichtung **434** erhält von dem DAS **432** abgetastete und digitalisierte Röntgenstrahlprojektionsdaten und führt eine Hochgeschwindigkeitsrekonstruktion durch. Das rekonstruierte Bild wird als Eingabe zu einem Computer **436** übermittelt, der das Bild in einer Speichervorrichtung **438** speichert. Der Computer **436** kann programmiert sein, um verschiedene hierin beschriebene Ausführungsformen zu implementieren. Insbesondere kann der Computer **436** eine Bildrekonstruktionseinrichtung **434** aufweisen, die programmiert ist, um die verschiedenen hierin beschriebenen Verfahren auszuführen.

**[0047]** Der Computer **436** empfängt außerdem Befehle und Scannparameter von einem Bediener über eine Bedienerworkstation **440**, die eine Eingabevorrichtung, wie bspw. eine Tastatur, aufweist. Eine zugeordnete Anzeige **442** erlaubt es dem Bediener, das rekonstruierte Bild und andere Daten von dem Computer **436** zu betrachten. Die von dem Bediener gelieferten Befehle und Parameter werden von dem Computer **436** dazu verwendet, dem DAS **432**, der Systemsteuereinrichtung **423** und der Gantrymotorsteuereinrichtung **430** Steuersignale und Informationen

zu übermitteln. Außerdem betreibt der Computer **436** eine Tischmotorsteuereinrichtung **444**, die einen motorbetriebenen Tisch zur Positionierung des Subjekts **424** in der Gantry **413** und **414** ansteuert. Insbesondere bewegt der Tisch **446** Teile des Subjekts **424** durch eine Gantryöffnung **448** hindurch.

**[0048]** In einer Ausführungsform enthält der Computer **436** eine Schreib/Lese-Vorrichtung **450**, z. B. ein Diskettenlaufwerk, ein CD-ROM-Laufwerk, ein DVD-Laufwerk, ein magnetooptisches Platten(MOD)-Laufwerk oder eine beliebige andere digitale Vorrichtung, einschließlich einer Netzanschluss-Vorrichtung, z. B. einer Ethernet-Vorrichtung zum Einlesen von Anweisungen und/oder Daten von einem nicht-flüchtigen Computer lesbaren Medium **452**, z. B. einer Diskette, einer CD-ROM, einer DVD oder einer anderen digitalen Quelle, wie z. B. einem Netzwerk oder dem Internet, als auch von noch zu entwickelnden digitalen Mitteln. In einer weiteren Ausführungsform führt der Computer **436** in einer (nicht gezeigten) Firmware gespeicherte Anweisungen aus. Der Computer **436** ist programmiert, um Funktionen auszuführen, wie sie hierin beschrieben sind, wobei, wie hierin verwendet, der Begriff Computer nicht auf integrierte Schaltkreise beschränkt ist, auf die in der Fachliteratur als Computer Bezug genommen wird, sondern sich im weiten Sinne auf Computer, Prozessoren, Microcontroller, Microcomputer, speicherprogrammierbare Steuerungen, anwendungsspezifische integrierte Schaltungen und andere programmierbare Schaltkreise bezieht, und diese Begriffe werden hierin austauschbar verwendet. Das CT/PET-System **400** enthält ferner mehrere (nicht gezeigte) PET-Detektoren, die mehrere Detektorelemente aufweisen.

**[0049]** Verschiedene hierin beschriebene Ausführungsformen ergeben ein greifbares und nicht flüchtiges Maschinen lesbares Medium oder Medien mit auf ihnen aufgezeichneten Anweisungen für einen Prozessor oder Computer, um eine Bildgebungsvorrichtung zu betreiben, um eine Ausführungsform eines hierin beschriebenen Verfahrens auszuführen. Das Medium oder die Medien können von beliebigem Typ einer CD-ROM, DVD, Diskette, Festplatte, optischer Disk, eines Flash-RAM-Laufwerks, oder ein anderer Typ eines Computer lesbaren Mediums oder eine Kombination von diesen sein.

**[0050]** Die verschiedenen Ausführungsformen und/oder Komponenten, z. B. der Monitor oder die Anzeige oder darin enthaltenen Komponenten und Controller können auch als Teil eines oder mehrerer Computer oder Prozessoren implementiert sein. Der Computer oder Prozessor kann eine Rechenvorrichtung, eine Eingabevorrichtung, eine Anzeigeeinheit und eine Schnittstelle beispielsweise für einen Zugriff auf das Internet enthalten. Der Computer oder Prozessor kann einen Mikroprozessor enthalten. Der Mikroprozessor kann mit einem Kommunikationsbus ver-

bunden sein. Der Computer oder Prozessor kann ferner einen Speicher enthalten. Der Speicher kann einen Direktzugriffsspeicher (RAM) und einen Nur-Lese-Speicher (ROM) enthalten. Der Computer oder Prozessor kann ferner eine Speichervorrichtung enthalten, welche ein Festplattenlaufwerk oder ein Laufwerk für auswechselbare Speichermedien, wie z. B. ein Diskettenlaufwerk, Optoplattenlaufwerk und dergleichen, sein kann. Die Speichervorrichtung kann auch eine andere ähnliche Einrichtung zum Laden von Computerprogrammen oder anderen Instruktionen in den Computer oder Prozessor sein.

**[0051]** Es soll verstanden werden, dass die vorstehende Beschreibung nur als veranschaulichend und nicht einschränkend gedacht ist. Beispielsweise können die vorstehend beschriebenen Ausführungsformen (und/oder Aspekte davon) in Kombination miteinander verwendet werden. Zusätzlich können viele Modifikationen ausgeführt werden, um eine spezielle Situation oder ein spezielles Material an die Lehren der Erfindung ohne Abweichung von deren Umfang anzupassen. Obwohl die hierin beschriebenen Abmessungen und Materialarten dafür gedacht sind, die Parameter der verschiedenen Ausführungsformen der Erfindung zu definieren, sind sie keineswegs einschränkend und stellen exemplarische Ausführungsformen dar. Viele weitere Ausführungsformen werden für den Fachmann nach Durchsicht der vorstehenden Beschreibung ersichtlich sein. Der Umfang der verschiedenen Ausführungsformen der Erfindung sollte daher unter Bezugnahme auf die beigefügten Ansprüche zusammen mit dem vollständigen Umfang von Äquivalenten, zu welchem derartige Ansprüche berechtigen, bestimmt werden. In den beigefügten Ansprüchen werden die Begriffe „enthaltend“ und „in welcher“ als die Äquivalente im Klartext für die entsprechenden Begriffe „aufweisend“ und „worin“ verwendet. Ferner werden in den nachstehenden Ansprüchen die Begriffe „erste“, „zweite“ und „dritte“, usw. lediglich als Bezeichnungen verwendet und sollen keine numerischen Anforderungen bezüglich ihrer Objekte vorgeben. Ferner sind die Einschränkungen der nachstehenden Ansprüche nicht im Format Mittel-plus-Funktion geschrieben und sollen nicht auf der Basis von 35 U.S.C. § 112, 6. Absatz, interpretiert werden, sofern und soweit derartige Anspruchseinschränkungen nicht ausdrücklich den Ausdruck „Mittel für“, gefolgt von einer Angabe einer Funktion ohne weitere Struktur verwenden.

**[0052]** Diese schriftliche Beschreibung nutzt Beispiele, um die verschiedenen Ausführungsformen der Erfindung, einschließlich ihrer besten Ausführungsart, zu offenbaren und auch um es jedem Fachmann zu ermöglichen, die verschiedenen Ausführungsformen der Erfindung auszuführen, einschließlich der Herstellung und Verwendung jeglicher Vorrichtungen oder Systeme und der Ausführung jeglicher enthaltener Verfahren. Der patentierbare Um-

fang der verschiedenen Ausführungsformen der Erfindung ist durch die Ansprüche definiert und kann weitere Beispiele umfassen, die Fachleuten auf dem Gebiet einfallen. Derartige weitere Beispiele sollen innerhalb des Schutzzumfangs der Ansprüche liegen, wenn sie Strukturelemente aufweisen, die sich von dem Wortsinn der Ansprüche nicht unterscheiden, oder wenn sie äquivalente Strukturelemente mit unwesentlichen Unterschieden gegenüber dem Wortsinn der Ansprüche enthalten.

**[0053]** Es sind Verfahren und Vorrichtungen zur Kollimation von Detektoren in einem Bildgebungssystem geschaffen. Ein Bildgebungssystem **400** enthält eine Strahlungsquelle **415**, die eingerichtet ist, um eine Strahlung **416** von einem Brennfleck **262** auf ein Objekt zu projizieren, und mehrere Strahlungsdetektoren **420**, die um wenigstens einen Abschnitt des Objekts **422** herum angeordnet sind. Die mehreren Strahlungsdetektoren **420** detektieren empfangene Strahlung **416** entlang eines von dem Brennfleck **262** zu den mehreren Detektoren **420** projizierten Pfads. Das Bildgebungssystem enthält ferner mehrere Kollimatoren **418**, die zwischen dem Objekt **422** und den mehreren Detektoren **420** angeordnet sind, wobei die Kollimatoren **418** eine verjüngte **308**, **264**, **266** Konfiguration aufweisen.

#### Bezugszeichenliste

<b>100</b>	Kollimatoranordnung
<b>102</b>	Wände
<b>104</b>	obere Halterung
<b>106</b>	untere Halterung
<b>108</b>	Kollimatorekanal
<b>152</b>	Detektorarray
<b>154</b>	Brennfleck
<b>156</b>	Strahlenpfad
<b>158</b>	Brennfleckbereich
<b>160</b>	ursprüngliche Position
<b>202</b>	Brennfleck
<b>250</b>	Platten
<b>252</b>	verjüngte Kante
<b>254</b>	Detektoren
<b>256</b>	Basis
<b>258</b>	Oberseite
<b>260</b>	Brennfleckbereich
<b>626</b>	Brennfleck
<b>264</b>	erste Seite
<b>266</b>	zweite Seite
<b>268</b>	Kanäle
<b>270</b>	Einlassöffnung
<b>272</b>	Auslassöffnung
<b>300</b>	Kollimatoranordnung mit verjüngten Kanten
<b>302</b>	Kollimatorplatte
<b>304</b>	Kollimatorplatte
<b>306</b>	Kollimatorplatte
<b>308</b>	verjüngte Kante
<b>400</b>	System



402	Modalitätseinheit
404	Modalitätseinheit
413	Gantry
414	Gantry
415	Röntgenstrahlquelle
416	Röntgenstrahlen
418	Kollimatoren
420	Detektorelemente
422	Subjekt
423	Systemsteuereinrichtung
424	Kanäle
426	Untersuchungsachse
428	Röntgenstrahlensteuereinrichtung
430	Gantrymotorsteuereinrichtung
432	Datenakquisitionssystem
434	Bildrekonstruktionseinrichtung
436	Computer
438	Speichervorrichtung
440	Bedienerworkstation
442	Anzeige
444	Tischmotorsteuerung
446	motorisierter Tisch
448	Gantryöffnung
450	Schreib-/Lese-Vorrichtung
452	Computer lesbares Medium

### Patentansprüche

1. Bildgebungssystem (400), das aufweist:  
eine Strahlungsquelle (415), die eingerichtet ist, um eine Strahlung (416) von einem Brennfleck (262) auf ein Objekt zu projizieren;  
mehrere Strahlungsdetektoren (420), die um wenigstens einen Abschnitt des Objekts (422) herum angeordnet sind, wobei die mehreren Strahlungsdetektoren (420) entlang eines von dem Brennfleck (262) zu den mehreren Detektoren (420) projizierten Pfads empfangene Strahlung (416) detektieren; und  
mehrere Kollimatoren (418), die zwischen dem Objekt (422) und den mehreren Detektoren (420) positioniert sind, wobei die Kollimatoren (418) eine verjüngte (308, 264, 266) Konfiguration aufweisen.

2. Bildgebungssystem nach Anspruch 1, wobei die Kollimatoren (418) eine Basis (256) in der Nähe der mehreren Strahlungsdetektoren (420) und eine Oberseite (208) in der Nähe des Objekts aufweisen, wobei die Basis (256) weiter als die Oberseite (258) ist.

3. Bildgebungssystem nach Anspruch 1 und 2, wobei die mehreren Kollimatoren (418) aus einzelnen verjüngten Platten (250), die eine konstante Neigung (264, 266) aufweisen, ausgebildet sind.

4. Bildgebungssystem nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die mehreren Kollimatoren (418) aus mehreren Platten (302, 304, 306) mit einer stufenartigen Neigung (308) ausgebildet sind, wobei die mehreren Platten (302, 304, 306) verjüngte Kanten bilden, wobei sich eine Platte (302) zwischen

einem Paar kürzerer Platten (304) befindet, die zwischen einem Paar kürzerer Platten (306) angeordnet sind.

5. Bildgebungssystem nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die mehreren Kollimatoren (418) ein Röntgenstrahlen absorbierendes Material aufweisen und benachbarte Kollimatoren darin einen Kanal (268) bilden, um Streustrahlung daran zu hindern, die mehreren Strahlungsdetektoren (420) zu erreichen, wobei der Kanal (268) eine Einlassöffnung (270) und eine Auslassöffnung (272) aufweist, wobei die Einlassöffnung (270) weiter als die Auslassöffnung (272) ist.

6. Bildgebungssystem nach Anspruch 5, wobei die Einlassöffnung (270) des Kanals (268) und die Auslassöffnung (272) des Kanals (268) in Abhängigkeit von der Größe und Bewegung eines Brennflecks (262) der Strahlungsquelle (415) ausgebildet sind.

7. Bildgebungssystem nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die mehreren Kollimatoren eine erste Neigung auf einer ersten Seite (264) und eine zweite Neigung auf einer zweiten Seite (266) aufweisen, wobei die erste Neigung einen ersten Neigungswinkel aufweist, wobei die zweite Neigung einen zweiten Neigungswinkel aufweist, wobei der erste Neigungswinkel und der zweite Neigungswinkel gleich sind.

8. Bildgebungssystem nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die mehreren Kollimatoren eine erste Neigung auf einer ersten Seite (264) und eine zweite Neigung auf einer zweiten Seite (266) aufweisen, wobei die erste Neigung einen ersten Neigungswinkel aufweist, wobei die zweite Neigung einen zweiten Neigungswinkel aufweist, wobei der erste Neigungswinkel und der zweite Neigungswinkel ungleich sind.

9. Verfahren zur Herstellung eines Kollimators für ein Bildgebungssystem, wobei das Verfahren aufweist:

Ausbilden mehrerer Kollimatorelemente, die Wände für mehrere Kanäle für den Kollimator bilden; und  
Vorsehen einer verjüngten Neigung auf einer ersten Seite der mehreren Kollimatorelemente und einer verjüngten Neigung auf einer zweiten Seite der mehreren Kollimatorelemente.

10. Verfahren nach Anspruch 9, das ferner eine stufenweise geneigte verjüngte Kante (308) mit mehreren ebenen Kollimatorplatten (250) aufweist.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

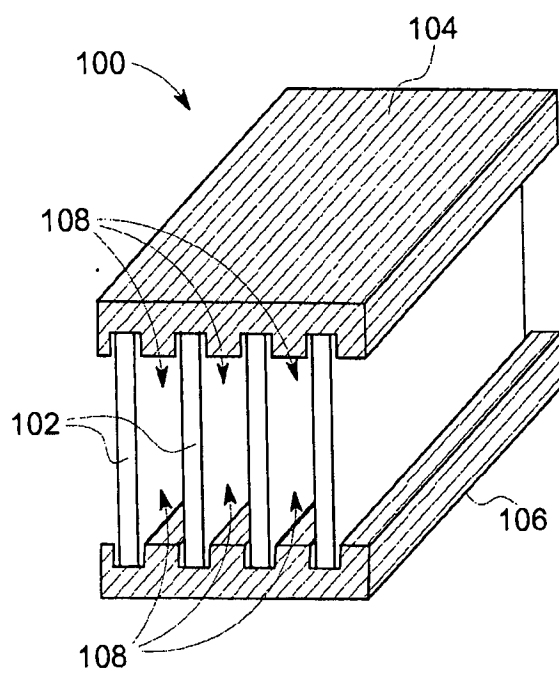


FIG. 1

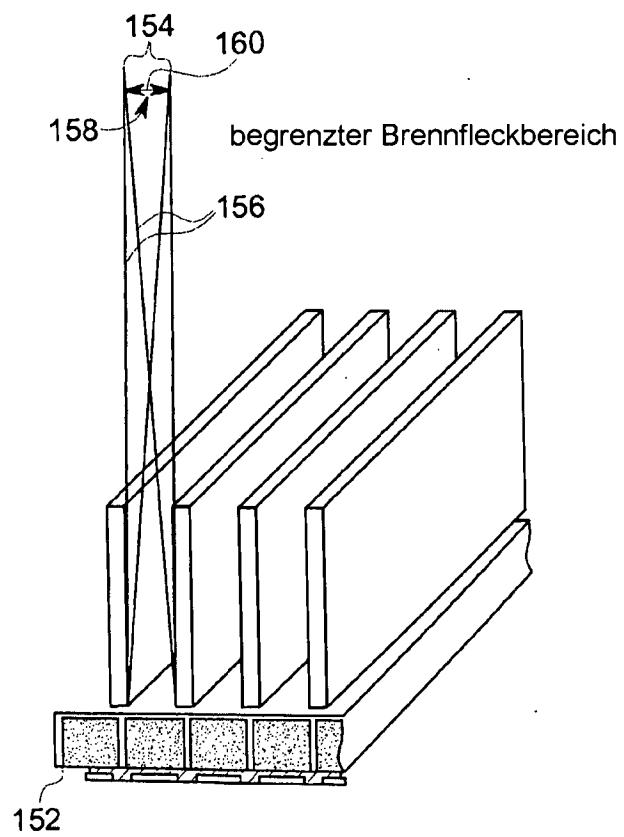


FIG. 2

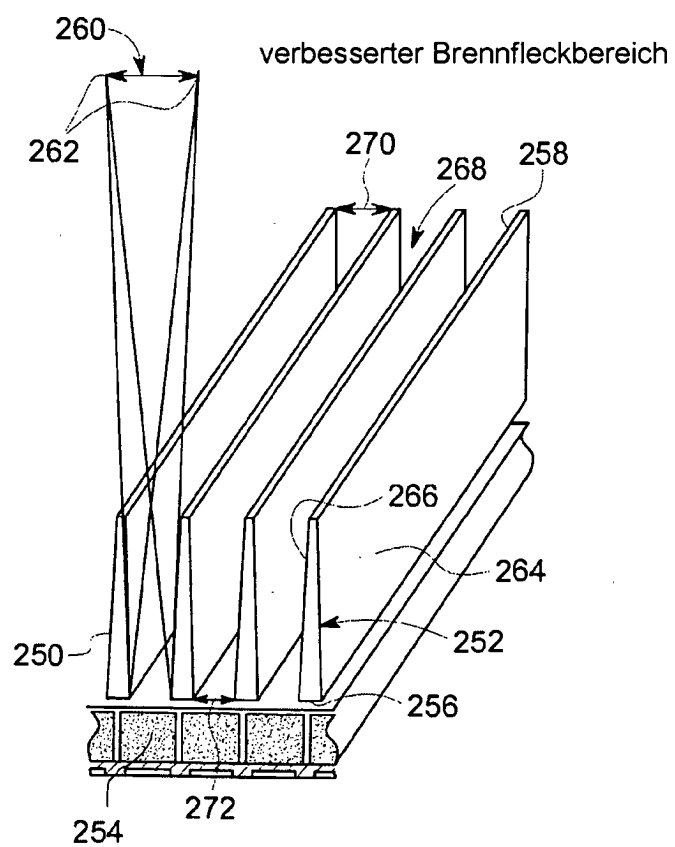


FIG. 3

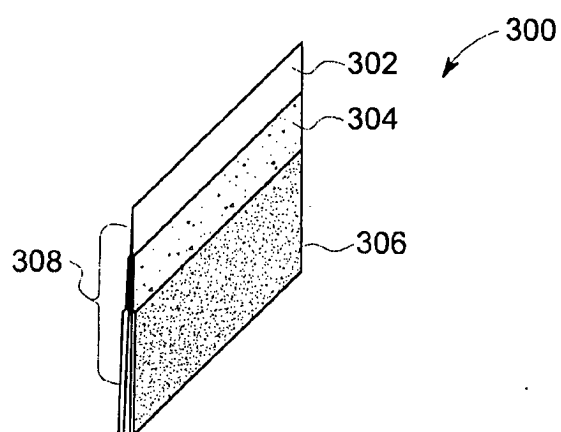


FIG. 4

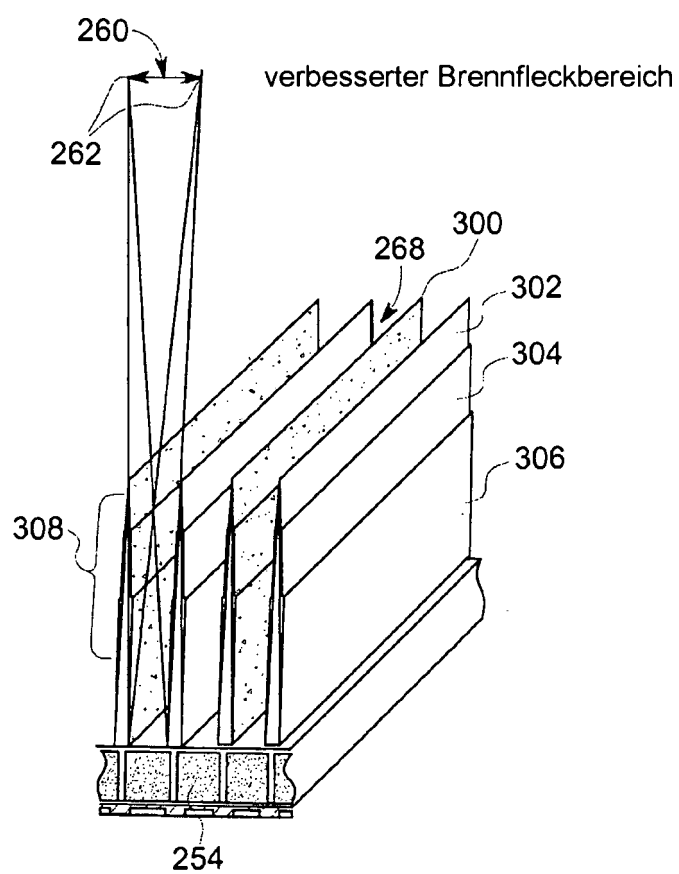


FIG. 5

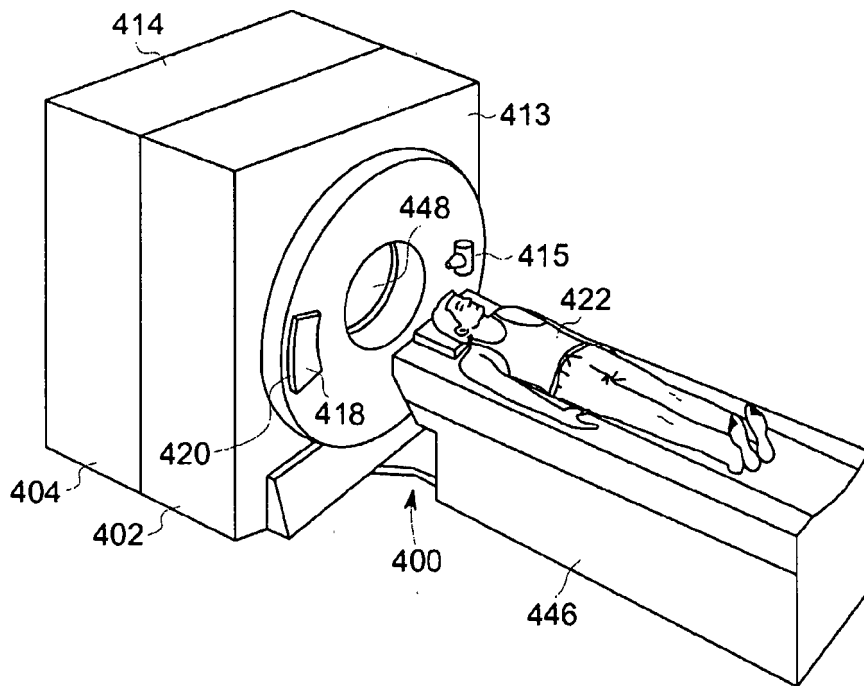


FIG. 6

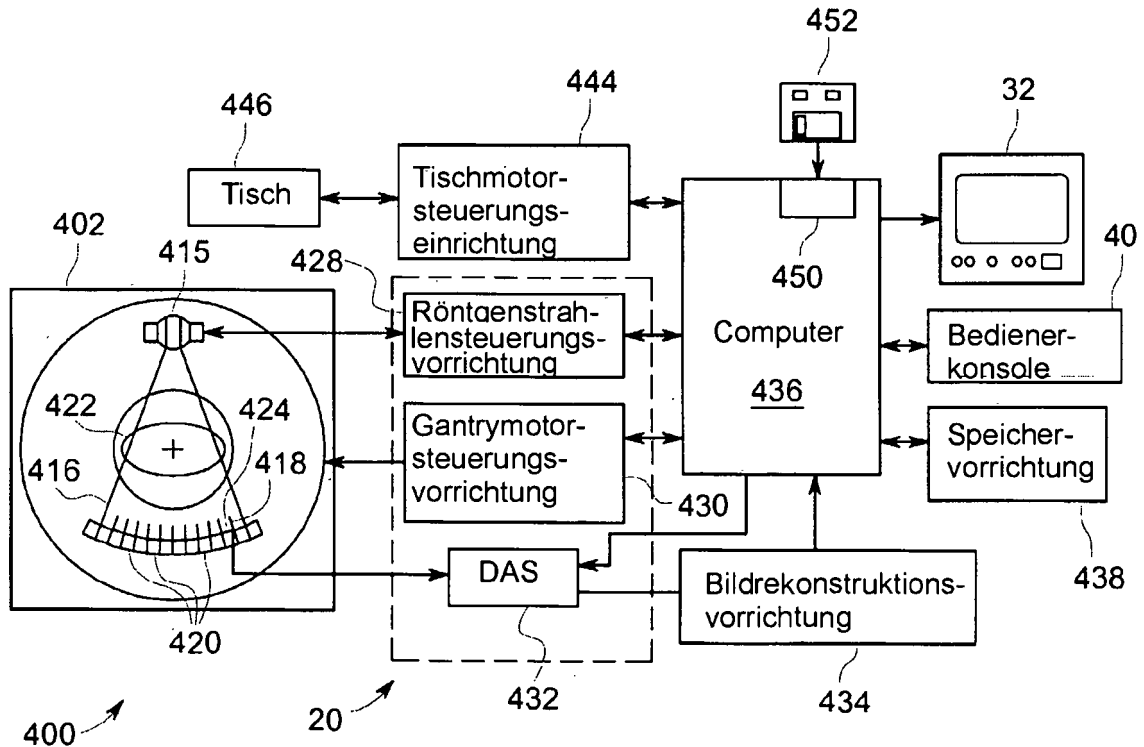


FIG. 7