



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2004 003 532 A1** 2005.08.18

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2004 003 532.6**

(22) Anmeldetag: **23.01.2004**

(43) Offenlegungstag: **18.08.2005**

(51) Int Cl.7: **A61B 6/03**

A61B 19/00, H05G 1/60, A61N 5/00

(71) Anmelder:
Siemens AG, 80333 München, DE

(72) Erfinder:
Bruder, Herbert, Dr., 91315 Höchstadt, DE;
Skaberna, Sven, 91369 Wiesenthau, DE

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

DE 195 32 535 A1

US 41 96 352

EP 13 04 077 A2

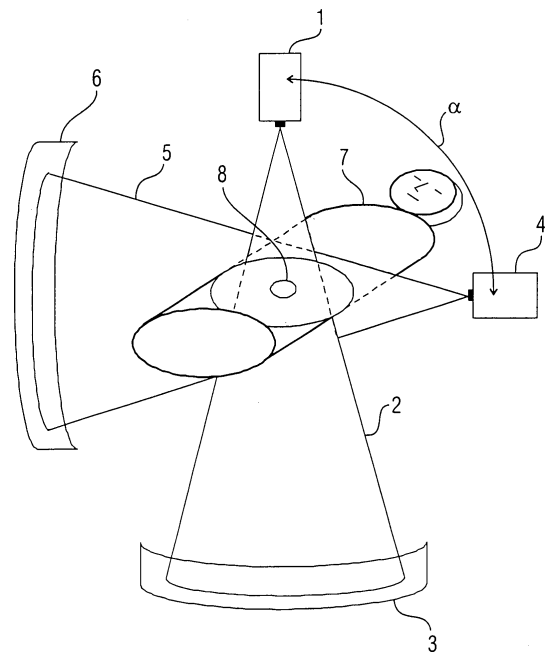
EP 10 62 911 A2

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Lagebestimmung dreidimensionaler Strukturen eines Patienten mit Hilfe eines Computertomographen**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Lagebestimmung dreidimensionaler Strukturen (8) eines Patienten (7), wobei mit Hilfe eines Computertomographen, welcher mindestens zwei Röhren-Detektor-Kombinationen (1, 3; 4, 6) aufweist, die in einem festen Winkel (α) zueinander angeordnet sind, und jeder Detektor (3, 6) mindestens eine Zeile mit einer Vielzahl von Einzeldetektorelementen aufweist, simultan je Röhren-Detektor-Kombination je ein Topogramm (9, 10) des Patienten (7) unter ausschließlich linearer Bewegung der mindestens zwei Röhren-Detektor-Kombinationen (1, 3; 4, 6), parallel zur Systemachse (11) des CT und relativ zum Patienten (7), aufgenommen wird.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Lagebestimmung dreidimensionaler Strukturen eines Patienten mit einem Computertomographen durch Aufnahme winklig zueinander stehender Topogramme.

Stand der Technik

[0002] Grundsätzlich ist die Aufnahme von Topogrammen mit Hilfe von Computertomographen seit langem bekannt. So beschreibt die Auslegeschrift DE 26 13 809 ein Verfahren zur Herstellung von Transversal-Schichtbildern mit Hilfe einer Röhren-Detektor-Einheit, wobei der Detektor über eine Vielzahl von Einzeldetektoren verfügt und zur Erzeugung der Transversal-Schichtbilder die Röhren-Detektor-Kombination mit einer linearen Bewegung relativ zum Patienten verschoben wird, wobei aus den, während der Relativbewegung der Röhren-Detektor-Kombination zum Patienten gewonnenen Messdaten, ein Transversal-Schichtbild oder auch Topogramm gewonnen wird.

[0003] In der Patentschrift DE 41 03 588 C1 ist ein Computertomograph beschrieben, der eine rotierende Röhren-Detektor-Kombination aufweist, welche zur Abtastung eines Patienten einerseits um die Zentralachse rotiert und gleichzeitig in Richtung der Zentralachse relativ zum Patienten verschoben wird, wobei die Abtastdaten bestimmter Projektionsrichtungen verwendet werden, um durch Zusammensetzen der Messdaten dieser bestimmten Projektionsrichtungen wiederum ein Topogramm zu erstellen. Bei einer solchen Messung ist naturgemäß die Strahlenbelastung des Patienten relativ hoch, da auch in Projektionswinkeln, die nicht für das Topogramm notwendig sind, eine Dosisbelastung des Patienten vorliegt.

[0004] Auch in der Offenlegungsschrift DE 199 61 524 A1 wird ein derartiges Abtastverfahren eines Computertomographen für einen Patienten beschrieben, wobei auch hier während eines Spiralscans ein Topogramm bestimmt wird, indem aus den, während des Spiralscans ermittelten, Messdaten die Messdaten am Detektorsystem für bestimmte Projektionswinkel aufaddiert werden, so dass diese zu einem Topogramm oder Röntgen-Schattenbild zusammengefasst werden, um hieran die Lage bestimmter zur genaueren Untersuchung vorgesehener Bereiche festlegen zu können.

[0005] Außerdem ist aus der Offenlegungsschrift DE 198 02 405 A1 auch noch eine Kombination eines CT's mit einer Röhren-Matrixdetektor-Kombination und einem Röntgengerät mit einer Röhren-Festkörperbildwandler-Kombination bekannt, die im Winkel von 90° zueinander auf einem Drehkranz angeordnet sind. Durch dieses Gerät werden gleichzeitig CT-Schnittbilder und Röntgenschnittbilder erzeugt,

wobei die hier insgesamt applizierte Dosis auch relativ hoch ist. Mit einem Arbeitsgang können außerdem nur Schattenbilder in einer Ebene erstellt werden.

[0006] Während in den oben genannten Schriften jeweils nur Topogramme erstellt werden, um die Lage interessierter Regionen in einer Ebene zu bestimmen, wird in der Offenlegungsschrift DE 195 32 535 A1 darauf hingewiesen, dass durch die Erstellung von zwei orthogonalen Ansichten oder Topogrammen auch die dreidimensionale Lage interessierter Strukturen möglich ist. Zur Erzeugung dieser dazu notwendigen zwei winklig zueinander angeordneten Topogramme wird ein Ein-Röhren-Computertomograph verwendet, der entweder durch zweifaches lineares Abtasten aus unterschiedlichen Projektionswinkeln die beiden notwendigen Topogramme erstellt oder es werden während einer Spiralabtastung die Messwerte unter mindestens zwei Projektionswinkeln aufaddiert, so dass sich die entsprechenden Topogramme ergeben.

[0007] Verwendet wird die Kenntnis der dreidimensionalen Struktur, beispielsweise der Lage und Ausdehnung des Patienten oder die Kenntnis der Lage und Ausdehnung eines Tumors in einem Patienten, entweder für die Dosismodulation für einen nachfolgenden CT-Scan oder für die Strahlentherapieplanung in einem Strahlentherapiegerät. Bezüglich der Dosismodulation wird beispielhaft auf die Offenlegungsschrift DE 199 33 537 A1 oder die zuvor genannte Offenlegungsschrift DE 195 32 535 A1 hingewiesen.

Aufgabenstellung

[0008] Es ist Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zur Lagebestimmung dreidimensionaler Strukturen eines Patienten mit Hilfe eines Computertomographen zu finden, welches besonders schnell und wenig dosisbelastend ausgeführt werden kann.

[0009] Diese Aufgabe wird durch die Merkmale des ersten Verfahrensanspruches gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen des erfindungsgemäßen Verfahrens sind Gegenstand untergeordneter Ansprüche.

[0010] Die Erfinder haben erkannt, dass der Einsatz eines Computertomographen mit mindestens zwei winkelpersetzt angeordneten Röhren besonders vorteilhaft für eine schnelle und simultane Erzeugung von Topogrammen eines Patienten verwendet werden kann, um damit die dreidimensionale Struktur eines Patienten bei gleichzeitig geringer Dosisbelastung zu bestimmen. Selbstverständlich handelt es sich hierbei lediglich um die Bestimmung einer Grobstruktur, da ein derartiges Verfahren weniger genau und informativ ist wie ein vollständiger CT-Scan, jedoch lässt sich mit Hilfe von zwei oder drei in einem Winkel zueinander stehenden Topogrammen eine

ausreichend genaue Lage einer dreidimensionalen Struktur, beispielsweise die Lage eines Organs oder eines Tumors, bestimmen oder zumindest verifizieren.

[0011] Entsprechend diesem Grundgedanken schlagen die Erfinder ein Verfahren zur Lagebestimmung dreidimensionaler Strukturen eines Patienten vor, wobei mit Hilfe eines Computertomographen, welcher mindestens zwei Röhren-Detektor-Kombinationen aufweist, die in einem festen Winkel zueinander angeordnet sind und jeder Detektor mindestens eine Zeile mit einer Vielzahl von Einzeldetektorelementen aufweist, simultan je Röhren-Detektor-Kombination je ein Topogramm des Patienten unter ausschließlich linearer Bewegung der mindestens zwei Röhren-Detektor-Kombinationen, parallel zur Systemachse des CT's und relativ zum Patienten, aufgenommen wird.

[0012] Für dieses erfindungsgemäße Verfahren kann ein an sich bekanntes Mehrrohren-CT verwendet. Ein solches CT ist beispielsweise aus der US 6,421,412 B1 oder der US 4,991,190 oder der US 4,196,352 bekannt. Zur Aufnahme eines solchen Topogrammes wird allerdings nicht ein vollständiger spiralförmiger Lauf der Röhren-Detektor-Kombinationen um den Patienten verwendet, sondern es werden die Röhren-Detektor-Kombinationen linear entlang dem Patienten bewegt, so dass die insgesamt applizierte Dosis wesentlich geringer als die applizierte Dosis eines CT-Scans ist. Vorteilhaft ist hierbei, dass ein solcher Scan für ein Topogramm sehr schnell stattfindet und die Topogramme gleichzeitig aus den gewählten Projektionsrichtungen aufgenommen werden.

[0013] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren müssen mindestens zwei in einem festen Winkel zueinander stehende Topogramme aufgenommen werden. Hierzu kann eine Zwei-Röhren-Detektor-Kombination verwendet werden, wobei bevorzugt die beiden Röhren senkrecht zueinander angeordnet sein sollten. Grundsätzlich ist es allerdings zur Lagebestimmung ausreichend zwei Topogramme mit Röhren aufzunehmen, die in einem beliebigen Winkel, mit Ausnahme von 0° oder 180° , zueinander angeordnet sind, wobei jedoch die Exaktheit der Positionsbestimmung umso geringer wird, je weiter sich der Winkelversatz an 0° beziehungsweise 180° nähert. Auch ist ein Versatz der Röntgenröhren in Richtung der Systemachse grundsätzlich möglich, jedoch muss dieser Versatz in der späteren Auswertung der Topogramme berücksichtigt werden.

[0014] Erfindungswesentlich ist der feste Winkel der beiden Röhren, der möglichst mechanisch festgelegt sein sollte, da nur hierdurch eine ausreichende Genauigkeit der geometrischen Zuordnung entsteht. Wird im Gegensatz hierzu ein Ein-Röhren-System

mit zwei um einen bestimmten Winkel versetzte Scans verwendet, so ergibt sich hierbei eine wesentlich größere Ungenauigkeit in der Lokalisierung, einerseits weil der Winkel nicht in gleicher Präzision einstellbar ist und andererseits weil zwischen den beiden Scans Bewegung im Objekt zu Ungenauigkeiten führen kann.

[0015] Neben der simultanen Aufnahme von zwei Topogrammen besteht allerdings auch die Möglichkeit, eine Drei-Röhren-Detektor-Kombination zu verwenden, so dass gleichzeitig während eines Scans drei Topogramme aufgenommen werden, wobei die Drei-Röhren-Detektor-Kombinationen vorzugsweise in einem festen Winkel von 120° zueinander stehen. Hierdurch ergibt sich auch für die Topogramme ein Schnittwinkel der Ebenen von 120° .

[0016] Wie aus dem zuvor genannten Stand der Technik sind beispielsweise Röhren-Detektor-Kombinationen zur Verwendung in diesem Verfahren geeignet, die jeweils über einen eigenen Detektor, der ausschließlich einen Strahlenfächer einer Röhre abdeckt, verfügen, andererseits besteht jedoch auch die Möglichkeit Röhren-Detektor-Kombinationen zu verwenden, die einerseits mehrere Röhren aufweisen und andererseits einen einzigen gemeinsamen, einen 360° umspannenden kreisbogenförmigen Detektor besitzen, wobei jede Röhre einen Strahlenfächer erzeugt, der den oder die anderen Strahlenfächer der anderen Röhren nicht überlappt.

[0017] Des weiteren schlagen die Erfinder vor, dass bei der Verwendung von gekrümmten Detektoren das durch diese Detektoren aufgenommene Topogramm auf die geometrischen Daten eines virtuellen, planaren Detektors umgerechnet werden kann.

[0018] Grundsätzlich sind verschiedenste geometrische Betrachtungen möglich um aus den Topogrammen die Lage einzelner Strukturen zu bestimmen. Beispielsweise kann zur Bestimmung der dreidimensionalen Ausdehnung und Lage eines Objektes aus den Begrenzungen des Objektes in einem aufgenommenen Topogramm das Volumen der Projektionsfächer zwischen dem Strahlenfokus und der Abbildung berechnet werden, wobei zur Lager- und Konturbestimmung das Schnittvolumen der errechneten Projektionsfächervolumen gebildet wird. Durch eine derartige Bestimmung der dreidimensionalen Ausdehnung eines betrachteten Objektes ist zwar keine Feinstruktur dieses Objektes bestimmt, jedoch ist es ausreichend zur Bestimmung einer Grobstruktur und zur Lagedefinition. Beispielsweise kann eine solche Bestimmung der dreidimensionalen Ausdehnung eines Objektes ausreichend sein, um die notwendigen Informationen für eine Strahlentherapieplanung zur Verfügung zu stellen, wobei es hierbei besonders vorteilhaft ist, dass diese Informationen durch relativ geringe Strahlenbelastung während des

Scans der Topogramme gewonnen werden können, da die Strahlenbelastung während der Strahlentherapie ohnehin sehr groß ist und daher weitgehend unnötige zusätzliche Strahlenbelastungen vermieden werden sollten.

[0019] Entsprechend dem erfindungsgemäßen Verfahren kann dieses jedoch nicht nur für die Dosisplanung in der Strahlentherapie verwendet werden, sondern auch für die Dosismodulation während eines CT-Scans, wobei hierdurch eine vorausschauende Dosismodulation möglich ist.

[0020] Weiterhin kann die Position von Organen, Tumoren oder sonstiger Strukturen im Patienten auch indirekt durch Marker bestimmt werden, die am Patienten in vorgegebenen Positionen angebracht und im Topogramm besonders klar erkennbar sind. Ist die relative Lage der Marker am Patienten bekannt, so kann aus der besonders einfach erkennbaren Position der Marker auf die Lage beispielsweise eines Tumors rückgeschlossen werden. Besonders hilfreich kann diese indirekte Lagebestimmung für die Positionierung eines Patienten in der Strahlentherapie verwendet werden.

[0021] Im folgenden wird die Erfindung anhand eines bevorzugten Ausführungsbeispiels mit Hilfe der Figuren näher beschrieben, wobei die folgenden Bezugszeichen verwendet werden. 1: erste Röntgenröhre, 2: erstes Strahlenbündel, 3: erster Detektor, 4: zweite Röntgenröhre, 5: zweites Strahlenbündel, 6: zweiter Detektor, 7: Patient, 8: Tumor oder Organ, 9: frontales Topogramm, 10: laterales Topogramm, 11: Systemachse / z-Achse, α : Winkelversatz zwischen den Röntgenröhren.

Ausführungsbeispiel

[0022] Die Figuren zeigen im einzelnen:

[0023] [Fig. 1](#): Schematische Darstellung eines CT-Scans eines Patienten mit zwei im rechten Winkel zueinander versetzte Röhren;

[0024] [Fig. 2](#): Topogramm der ersten Röhre;

[0025] [Fig. 3](#): Topogramm der zweiten Röhre.

[0026] Die [Fig. 1](#) zeigt einen stilisierten Patienten **7**, der mit Hilfen von zwei, in einem festen Winkel α zueinander angeordneten und mechanisch gekoppelten Röntgenröhren **1** und **4** einem Scan zur gleichzeitigen Aufnahme zweier Topogramme unterzogen wird. Hierzu werden die beiden Röntgenröhren **1** und **4** gleichzeitig in Richtung der z-Achse verschoben, wobei die jeweils von den Röntgenröhren **1** und **4** ausgehenden Strahlenbündel **2** und **5** den Patienten **7** durchdringen und auf der den Röntgenröhren gegenüberliegenden Seite nach ihrem Durchtritt durch

den Patienten **7** von Detektoren **3** und **6** mit einer Vielzahl von kleinen Detektorelementen detektiert werden.

[0027] Durch eine Aufzeichnung der gemessenen Strahlungsintensität in Abhängigkeit von der z-Position lässt sich damit jeweils ein Bild der Strahlungsschwächung und damit je Detektor eine zweidimensionale Darstellung des Patienten und dessen Organe mit gegebenenfalls vorhandenen Tumoren und Knochen generieren, wie sie in den [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) dargestellt ist.

[0028] Da die Topogramme in zwei voneinander unabhängigen Ebenen liegen lässt sich nun durch einfache geometrische Überlegungen die dreidimensionale Lage gewünschter in den Topogrammen dargestellter Organe oder Tumore, wie beispielsweise des in der [Fig. 1](#) schematisch dargestellten Organs **8**, berechnen und zum Beispiel für eine folgende Strahlentherapie oder auch einen CT-Scan bestimmen.

[0029] Die [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) zeigen zwei solcher Topogramme **9** und **10**, die jeweils den Röntgenröhren **1** und **4** beziehungsweise den Detektoren **3** und **6** zuzuordnen sind. Das Topogramm **9** stellt also eine frontale Aufnahme und das Topogramm **10** eine laterale Aufnahme dar. In diesen Topogrammen ist beispielsweise als bezüglich seiner – hier zweidimensionalen – Lage und Ausdehnung zu bestimmende Herz **8** des Patienten **7** deutlich zu erkennen. Durch einfache geometrische Überlegungen, welche die Aufnahmegeometrie berücksichtigen, lässt sich nun die Lage und Ausdehnung im dreidimensionalen Raum beschreiben. Diese verbesserte Kenntnis der räumlichen Orientierung eines Organs im Patienten kann nun für die Strahlentherapie genutzt werden. Zusätzlich ist allerdings auch hilfreich die genaue Lage des umgebenden Gewebes auf gleiche Weise bestimmen zu können, um bei der Berechnung für die Strahlentherapie dieses möglichst wenig zu schädigen.

[0030] In Bezug auf die Strahlentherapie werden selbstverständlich tumorbefallene Organe oder Organbereiche betrachtet, allerdings kann an Stelle eines auf ein Organ begrenzten Tumors auch die Lage eines Tumors bestimmt werden, der sich über mehrere Organe erstreckt.

[0031] Es versteht sich, dass die vorstehend genannten Merkmale der Erfindung nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind, ohne den Rahmen der Erfindung zu verlassen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Lagebestimmung dreidimensionaler Strukturen (**8**) eines Patienten (**7**), wobei mit

Hilfe eines Computertomographen, welcher mindestens zwei Röhren-Detektor-Kombinationen (**1, 3; 4, 6**) aufweist, die in einem festen Winkel (α) zueinander angeordnet sind und jeder Detektor (**3, 6**) mindestens eine Zeile mit einer Vielzahl von Einzeldetektorelementen aufweist, simultan je Röhren-Detektor-Kombination je ein Topogramm (**9, 10**) des Patienten (**7**) unter ausschließlich linearer Bewegung der mindestens zwei Röhren-Detektor-Kombinationen (**1, 3; 4, 6**), parallel zur Systemachse (**11**) des CT's und relativ zum Patienten (**7**), aufgenommen wird.

2. Verfahren gemäß dem voranstehenden Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass simultan genau zwei Topogramme (**9, 10**) mit genau zwei Röhren-Detektor-Kombinationen (**1, 3; 4, 6**) aufgenommen werden, wobei die beiden Röhren-Detektor-Kombinationen (**1, 3; 4, 6**) senkrecht zueinander angeordnet sind.

3. Verfahren gemäß dem voranstehenden Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass simultan genau drei Topogramme mit genau drei Röhren-Detektor-Kombinationen aufgenommen werden, wobei die drei Röhren-Detektor-Kombinationen im Winkel von 120° zueinander angeordnet sind.

4. Verfahren gemäß einem der voranstehenden Patentansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass Röhren-Detektor-Kombinationen (**1, 3; 4, 6**) verwendet werden, die jeweils über einen eigenen Detektor (**3, 6**), der ausschließlich einen Strahlenfächer (**2, 5**) einer Röhre abdeckt, verfügen.

5. Verfahren gemäß einem der voranstehenden Patentansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass Röhren-Detektor-Kombinationen verwendet werden, die aus mehreren Röhren und einem einzigen gemeinsamen, einen 360° umspannenden kreisbogenförmigen Detektor bestehen, wobei jede Röhre einen Strahlenfächer erzeugt, der den oder die anderen Strahlenfächer der anderen Röhre(n) nicht überlappt.

6. Verfahren gemäß einem der voranstehenden Patentansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass gekrümmte Detektoren (**3, 6**) verwendet werden, wobei vorzugsweise das durch diese aufgenommene Topogramm (**9, 10**) auf die geometrischen Daten eines virtuellen, planaren Detektors umgerechnet werden.

7. Verfahren gemäß einem der voranstehenden Patentansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass aus den simultan aufgenommenen Topogrammen die Position und Ausdehnung von Tumoren bestimmt wird und zur Dosisplanung in der Strahlentherapie verwendet wird.

8. Verfahren gemäß einem der voranstehenden

Patentansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass aus den simultan aufgenommenen Topogrammen die Position und Ausdehnung des Patienten bestimmt wird und zur Dosismodulation bei einem CT-Scan verwendet wird.

9. Verfahren gemäß einem der voranstehenden Patentansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Position eines Organs (**8**) oder Tumors indirekt über am Patienten angebrachte Marker bestimmt wird.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

FIG 1

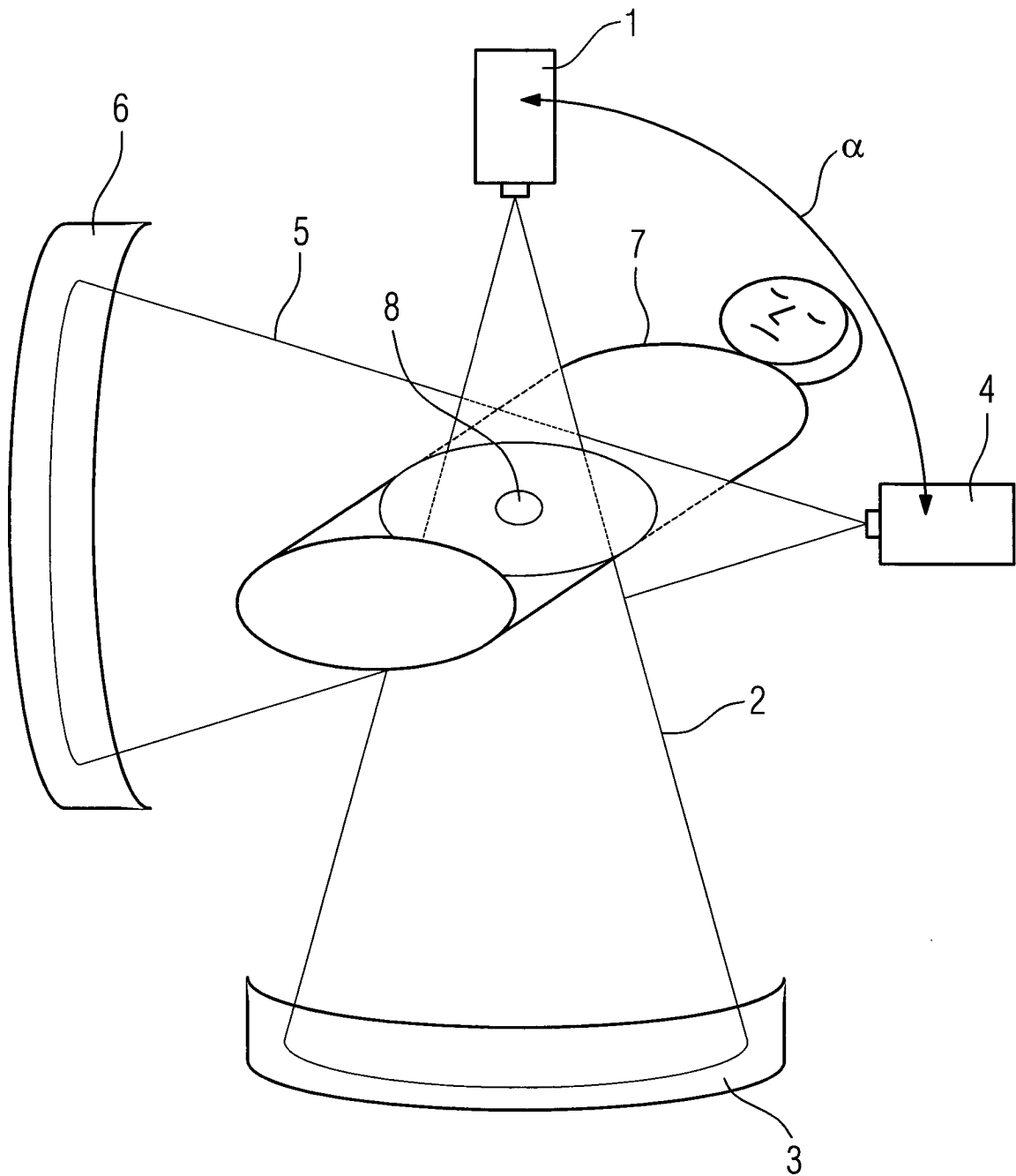


FIG 2

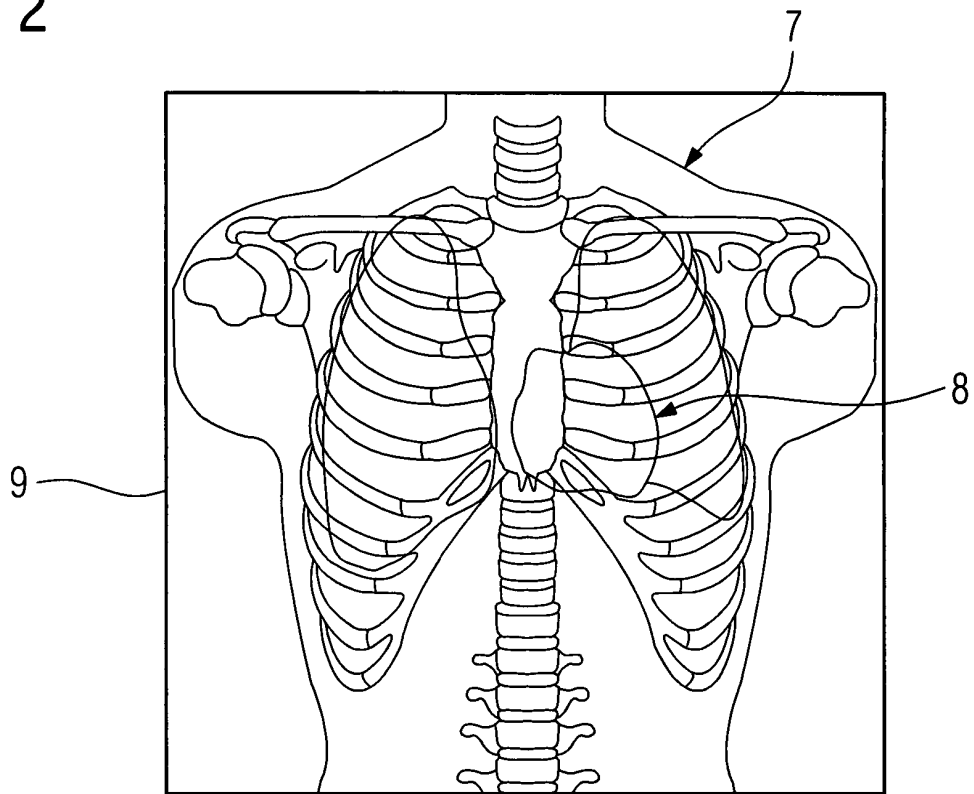


FIG 3

