



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2006 033 501 A1** 2007.02.15

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2006 033 501.5**

(22) Anmeldetag: **19.07.2006**

(43) Offenlegungstag: **15.02.2007**

(51) Int Cl.⁸: **A61N 5/10** (2006.01)

(66) Innere Priorität:

10 2005 037 018.7 05.08.2005

(71) Anmelder:

Siemens AG, 80333 München, DE

(72) Erfinder:

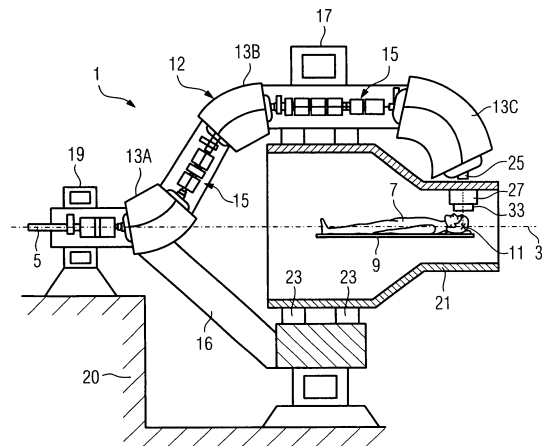
**Herrmann, Klaus, 90403 Nürnberg, DE; Kaiser,
Werner, 84085 Langquaid, DE; Sommer, Andres,
91094 Langensendelbach, DE; Zeuner, Torsten,
Dr., 91052 Erlangen, DE**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Gantry-System für eine Partikeltherapieanlage**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Gantry-System (1; 41) für eine Partikeltherapieanlage mit einer Strahlführungsgantry (12; 12'), die Elemente (13A; 13B; 13C; 15; 13A'; 13B'; 13C'; 15') zur Strahlführung aufweist, und mit einer Messgantry (21; 42), die eine Vorrichtung (27; 45) zur Strahlüberwachung aufweist. Mess- und Strahlführungsgantry sind somit unabhängig voneinander ausgebildet und insbesondere konisch zueinander angeordnet. Ein derartiges Gantry-System (1; 41) ist u. A. robuster gegen mechanische Abweichungen bei der Rotation der Strahlführungsgantry (12; 12').



Beschreibung**Aufgabenstellung**

[0001] Die Erfindung betrifft ein Gantry-System für eine Partikeltherapieanlage mit einer Strahlführungsgantry, die Elemente zur Strahlführung aufweist.

Stand der Technik

[0002] Gantry-Systeme werden in der Partikeltherapie dazu verwendet, Patienten von unterschiedlichen Richtungen aus mit Partikeln, d.h. beispielsweise Protonen, Kohlenstoff- oder Sauerstoff-Ionen, zu bestrahlen. Die Gantry umfasst dazu mehrere Ablenkmagnete, die um die Rotationsachse des Gantry-Systems rotieren. Üblicherweise sind an einem Strahlaustritt Strahlüberwachungselemente angeordnet. Diese liefern beispielsweise Informationen über den Ort und die Intensität des Partikelstrahls und dienen zur Ausgabe von Steuergrößen, welche einem Kontrollsystem mitteilen, wo und wie viele Teilchen mit welcher Energie appliziert werden. Dies ist insbesondere bei der Bestrahlung mithilfe eines Scan-System nötig, da hier der Protonenstrahl als so genannter „pencil beam“ über das zu bestrahlende Gewebe scanned. Beispiele für Gantry-Systeme sind z.B. aus EP 1 396 278 A2, EP 1 479 411 B1 und EP 1 402 923 A1 bekannt.

[0003] Bei bekannten Gantry-Anordnungen wird der Partikelstrahl auf einen fixen Behandlungszielpunkt, d.h. das so genannte Isozentrum, gerichtet. Der Bestrahlungswinkel lässt sich frei einstellen, so dass ein zu behandelnder Patient in der gleichen Behandlungsposition aus unterschiedlichen Richtungen bestrahlt werden kann. Aufgrund der hohen Partikelenergien von einigen 100 MeV sind entsprechend große Ablenkmagnete zur Strahlführung notwendig. Diese werden auf einem Rahmen angeordnet und können auf Kreisbahnen mit relativ großen Radien von beispielsweise einigen Metern um eine Rotationsachse, die durch das Isozentrum verläuft, rotieren. Dabei besteht insbesondere das Problem, dass das Gantry-System, welches in Hinblick auf eine ausreichende Steifigkeit dimensioniert wurde, trotzdem in Abhängigkeit des Rotationswinkels unterschiedliche Verschiebungen bzw. Verformungen bzw. Deformationen erfährt, so dass z.B. die Positionen der Ablenk- und Strahlformungsmagnete variieren. Dies wirkt sich nachteilig auf die Genauigkeit bei der Führung des Partikelstrahls und damit auf die Zielgenauigkeit und Reproduzierbarkeit aus.

[0004] Das Problem des hohen Struktureigengewichts wirkt sich bei Gantry-Systemen für schwere Ionen (Kohlenstoff-Ionen) verstärkt aus, da hier die Magnete und die zwischen den Magneten angeordneten Strahlführungselemente wesentlich schwerer sind.

[0005] Eine Aufgabe der Erfindung liegt darin, ein Gantry-System anzugeben, welches unabhängig von den Verschiebungen bzw. Verformungen bzw. Deformationen der Gantry eine zielgenaue Strahlentherapie ermöglicht.

[0006] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Gantry-System für eine Partikeltherapieanlage nach Anspruch 1 gelöst, dass eine Strahlführungsgantry, welche Elemente zur Strahlführung aufweist, und eine Messgantry, welche eine Vorrichtung zur Strahlüberwachung aufweist, umfasst. Dabei misst die Vorrichtung mindestens einen Strahlparameter des applizierten Strahls, wobei der Strahlparameter zur Steuerung der Partikeltherapieanlage vorgesehen ist.

[0007] Vorzugsweise ist die Vorrichtung zur Ausgabe des Parameters an ein Kontrollsystem der Partikeltherapieanlage ausgebildet. Dadurch kann sie als Teil der Strahlüberwachung auf die Durchführung der Bestrahlung rückkoppelnd einwirken.

[0008] Vorzugsweise wird für einen Bestrahlungsvorgang zuerst die Messgantry in eine Winkelposition rotiert, welche der Bestrahlung zugrunde liegen soll. In dieser Stellung wird dann eine Messeinheit der Vorrichtung zur Messung von Partikeln durchstrahlt, nachdem die Strahlführungsgantry entsprechend gedreht wurde. Dadurch ist es möglich Strahlparameter, insbesondere den Ort und/oder die Energie und/oder die Anzahl der applizierten Partikel des Strahls zu messen.

[0009] Ein Vorteil einer Ausführungsform der Erfindung liegt darin, dass sich die Auswirkungen von Verschiebungen bzw. Verformungen bzw. Deformationen, die durch Gewichtsbelastung der Strahlführungselemente wie Ablenkmagnete oder Quadrupolmagnete verursacht werden, auf die Strahlführungsgantry beschränken. Die unabhängig sowie wesentlich leichter und kleiner ausgebildete Messgantry wird dagegen nicht belastet und verformt. Dies hat den weiteren Vorteil, dass die Vorrichtung zur Strahlüberwachung unabhängig von der Strahlführungsgantry sehr genau relativ zum Isozentrum positioniert werden kann.

[0010] Ein weiterer Vorteil liegt darin, dass die Messgantry aufgrund der geringeren Masse schneller und genauer positioniert werden kann. Ist die Messgantry zusätzlich innerhalb der Strahlführungsgantry angeordnet, gefährdet eine Rotation der Strahlführungsgantry einen innerhalb der Messgantry befindenden Patienten und/oder Bedienungspersonal nicht. Somit kann beispielsweise eine Patientenpositionierung und, falls die Messgantry zusätzlich eine Bildgebungsvorrichtung aufweist, eine Posi-

tionsverifikation begonnen werden, ohne dass zu diesem Zeitpunkt die Strahlführungsgantry schon in die später benötigte Winkelposition rotiert ist. Umfasst die Messgantry zusätzlich ein Lasersystem zur Patientenpositionierung und/oder ein oben schon angesprochenes bildgebendes Positionsverifikationssystem etc., so sind auch diese unabhängig vom Rotationswinkel, d.h., sie liefern Information, die von der Position der Strahlführungsgantry unabhängig ist.

[0011] Ein weiterer Vorteil bezüglich der Strahlführungsgantry liegt darin, dass diese kostengünstiger wird, da die Positionsgenauigkeit und etwaige Positionierungsfehler durch die unabhängig angeordnete Strahlüberwachung korrigiert werden kann.

[0012] Ein weiterer Vorteil liegt darin, dass Mess- und Strahlführungsgantry unabhängig im Hinblick auf Energieversorgung Signalverarbeitung und Installation von Komponenten ausgebildet werden können.

[0013] Ein weiterer Vorteil liegt darin, dass alle in einem Patientenraum sichtbare Verkleidungen an der Messgantry angebracht werden können.

[0014] In einer vorteilhaften Ausführungsform des Gantry-Systems umfasst die Messgantry eine Einrichtung zur Patientenpositionsverifikation und/oder eine Patientenpositioniervorrichtung und/oder eine Laserpositioniervorrichtung. Eine Verifikation der Patientenposition wird beispielsweise mit Hilfe von unter einem Winkel angeordneten Paaren von Röntgenquellen und Röntgendetektoren kurz vor der Bestrahlung durchgeführt. Eine Patientenpositioniervorrichtung umfasst beispielsweise ein Videokamerasystem, das die Lage des Patienten mit einer Soll-Lage abgleicht. Eine Laserpositioniervorrichtung umfasst beispielsweise ein Laserkreuz, welches durch mehrere Laserstrahlen gebildet wird.

[0015] Ein Vorteil derartiger Ausführungsformen liegt darin, dass ein Bildgebungsgerät zur Patientenpositionsverifikation schneller relativ zum Patienten positioniert werden kann, da die Rotation der Messgantry mit den Bildgebungsgeräten unabhängig von der Rotation der Strahlführungsgantry ist. Ein weiterer Vorteil liegt darin, dass während der Bildgebung Antrieb und Lagerung der Strahlführungsgantry nicht belastet werden. Die unabhängige Rotierbarkeit der Messgantry ermöglicht beispielsweise auch eine orthogonale Bildgebung hinsichtlich des Bestrahlungswinkels. Zusätzlich erlaubt sie bei einer kontinuierlichen, schnellen Rotation der Messgantry die Aufnahme von mehreren Durchleuchtungsbildern aus verschiedenen Winkeln, aus denen zum Beispiel 3D-Bilddatensätze zum Abgleich mit CT-Positionsplanungsdaten gewonnen werden können.

[0016] In weiteren Ausführungsformen des Gantry-Systems sind die Messgantry und die Strahlfüh-

rungsgantry unabhängig voneinander installierbar und/oder sie sind in ihrer Winkelposition unabhängig voneinander einstellbar und/oder sie sind mechanisch, thermisch und/oder schwingungstechnisch entkoppelt.

[0017] Weitere vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung sind durch die Merkmale der Unteransprüche gekennzeichnet.

Ausführungsbeispiel

[0018] Es folgt die Erläuterung von zwei Ausführungsbeispielen der Erfindung anhand der [Fig. 1](#) bis [Fig. 3](#). Es zeigen:

[0019] [Fig. 1](#) schematisch eine erste Ausführungsform eines konzentrischen Gantry-Systems in einem Vertikalschnittbild durch ihre Rotationsachse,

[0020] [Fig. 2](#) eine Vorderansicht der Gantry aus [Fig. 1](#) und

[0021] [Fig. 3](#) schematisch eine zweite Ausführungsform eines konzentrischen Gantry-Systems in einem Vertikalschnittbild durch ihre Rotationsachse.

[0022] [Fig. 1](#) zeigt ein Gantry-System **1** in einem vertikalen Schnittbild entlang einer Rotationsachse **3**. Aufgabe des Gantry-Systems **1** ist es, einen Partikelstrahl **5** derart führen zu können, dass ein Patient **7** mit einem zu bestrahlenden Gewebe, beispielsweise mit einem Hirntumor, aus einer beliebigen Einfallsrichtungen bestrahlt werden kann. Dazu wird der Patient **7** beispielsweise auf einer Patientenliege **9** mit dem zu bestrahlenden Gewebe in einem Isozentrum **11** des Gantry-Systems **1** positioniert. Vorzugsweise liegt das Isozentrum **11** auf der Rotationsachse **3**. Die Einfallsrichtung kann einen beliebigen Winkel zur Rotationsachse **3** aufweisen. Zur Verdeutlichung wurde in [Fig. 1](#) ein Winkel von 90° gewählt. Bei Rotation des Gantry-Systems **1** rotiert die Einfallsrichtung um die Rotationsachse **3**.

[0023] Im Ausführungsbeispiel gem. [Fig. 1](#) wird der Partikelstrahl von der Strahlführungsgantry **12** vom Strahleintritt in das Gantry-System **1** bis zum Patienten **7** geführt. Der Partikelstrahl **5** tritt auf der Rotationsachse **3** in das Gantry-System **1** ein. Aus der Rotationsachse **3** wird der Partikelstrahl **5** durch einen ersten Ablenkmagneten **13A** abgelenkt, bevor er durch weitere Ablenkmagnete **13B** und **13C** so umgelenkt wird, dass er beispielsweise radial durch das Isozentrum **11** verläuft. Weitere Strahlführungselemente **15**, beispielsweise Quadrupolmagnete, Raster-Scan-Magnete etc. sind zwischen den Ablenkmagneten **13A**, **13B**, **13C** angeordnet. Die Ablenkmagnete **13A**, **13B**, **13C** und die Strahlführungselemente **15** bilden zusammen mit einer Halterungsstruktur **16** die Strahlführungsgantry **12**. Zur Rotation der Strahlfüh-

Strahlungsgantry **12** wird eine Lagerungsvorrichtung verwendet. Die Lagerungsvorrichtung umfasst ein erstes Lager **17**, welches in axialer Richtung möglichst auf Höhe des Schwerpunkts der Strahlführungsgantry **12** angeordnet ist, und ein Lager **19**, welches im Bereich der Strahleinkopplung angeordnet ist. Die Lager **17** und **19** sind auf einem Fundament **20** abgestützt. Das Lager **17** ist bevorzugt als Lagerring ausgebildet.

[0024] Aufgrund des Gewichts der Strahlführungsgantry kann es zu Verformungen kommen, welche auch nicht durch eine sehr steif ausgebildete Halterungsstruktur **16** vollkommen verhindert werden können und zu Positionsänderungen z.B. der Strahlführungselemente **15** und damit zu einer Strahlverschiebung führen.

[0025] Konzentrisch zur Strahlführungsgantry **12** ist innerhalb der Strahlführungsgantry **12** eine Messgantry **21** angeordnet. Die Messgantry **21** kann unabhängig von der Strahlführungsgantry **12** rotieren. Dies ermöglichen Lager **23**, die in Richtung der Rotationsachse auf Höhe des Lagers **17** der Strahlführungsgantry **12** angeordnet sind. Die Lager **17** und **19** sind auf dem Fundament abgestützt. Die Abstützung der Lager **23** erfolgt indirekt über das Lager **17** ebenfalls auf dem Fundament **20**.

[0026] Im Bereich des Strahlaustritts **25** der Strahlführungsgantry weist die Messgantry **21** eine Vorrichtung **27** zur Strahlüberwachung auf. Des Weiteren kann dort eine Einrichtung zur Laserpositionierung und/oder zur Patientenpositionsverifikation angebracht werden. Insgesamt ist das Gewicht der Messgantry **21** erheblich kleiner, so dass Deformationen in Abhängigkeit von der Winkelposition weitestgehend verhindert werden können. Entsprechend sind die räumlichen Lagen der von der Messgantry getragenen Komponenten reproduzierbar, d.h. z.B. ist der Abstand zum Isozentrum **11** drehwinkelunabhängig.

[0027] Die Vorrichtung **27** zur Strahlüberwachung misst mindestens einen Strahlparameter des applizierten Strahls, beispielsweise die Strahlposition, die Strahlintensität und/oder die Strahlenergie, wobei der oder die Strahlparameter zur Steuerung der Partikeltherapieanlage vorgesehen sind und somit wesentlicher Bestandteil bei der Durchführung der Bestrahlung sind. Somit wirken die Strahlführungsgantry und die Messgantry bei der Bestrahlung zusammen, um einen Strahl mit den entsprechenden Parametern zu applizieren. Die Messgantry ermöglicht die aktive Messung der applizierten Dosis und der Lage des applizierten Strahls. Die Rückkopplung dieser Information an z.B. eine Steuereinheit der Partikeltherapieanlage wird für den Vorgang der Bestrahlung benötigt, um z.B. punktgenau die gewünschte Dosis zu applizieren. Diese Messung von „primären“ Parametern des Strahls unterscheidet sich von der Messung

radiaktiver Sekundärprodukte z.B. mit einem PET-Gerät, welches nach erfolgter Applikation Auskunft über den Ort der applizierten Dosis liefert und nicht zur Steuerung der Partikeltherapieanlage verwendet werden kann. Letzteres dient vielmehr der Qualitätssicherung als der kontrollierten Durchführung des Bestrahlungsvorgangs.

[0028] Vorzugsweise ist das Gantry-System **1** dazu ausgebildet, dass die Messgantry **21** für die Bestrahlung in eine Winkelposition rotierbar ist, in der eine Messeinheit der Vorrichtung bei entsprechend gedrehter Strahlführungsgantry **12** vom Partikelstrahl durchstrahlt wird, um insbesondere den Ort und/oder die Energie und/oder die Anzahl der applizierten Partikel des Strahls zu messen.

[0029] Entsprechend weist die Messeinheit der Vorrichtung **27** z.B. einen Ortsdetektor (z.B. Vielkanalplatten) zur Positionsbestimmung und/oder ein Dosimeter zur Intensitätsmessung auf.

[0030] Zur Verdeutlichung des Aufbaus aus [Fig. 1](#) wird auf [Fig. 2](#) verwiesen, welche eine Vorderansicht des Gantry-Systems **1** in Richtung der Rotationsachse zeigt. Man erkennt den Patienten **7** im Isozentrum **11** des Gantry-Systems **1**, den Strahlaustritt **25** und einen äußeren Gantring **31** der Strahlführungsgantry **12** sowie die darin angeordnete Messgantry **21** mit der Vorrichtung **27** zur Strahlüberwachung. Des Weiteren erkennt man zwei „Flat panel“-Detektoren **33**, die beidseitig der Vorrichtung **27** zur Strahlüberwachung angeordnet sind und zur Positionsverifikation dienen. Die dazu benötigten Röntgenquellen befinden sich entgegengesetzt zum Patienten und sind in die Messgantry **21** integriert und in [Fig. 2](#) nicht sichtbar.

[0031] [Fig. 3](#) zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel für ein konzentrisches Gantry-System **41**, wobei die Strahlführungsgantry **12'** die in [Fig. 1](#) angesprochenen Komponenten wie Ablenkmagnete **13A'**, **13B'**, **13C'**, Lager **17'** und **19'**, Strahlaustritt **25'** etc. aufweist.

[0032] Im Unterschied zur Ausführungsform nach [Fig. 1](#) ist eine Messgantry **42** nicht indirekt über die Strahlführungsgantry **12'** abgestützt. Stattdessen ist ein Lager **43** vorgesehen, das selbst auf einem Fundament **47** der Partikeltherapieanlage angeordnet ist. Damit sind das Lager **43** und die Lager **17'** und **19'** mechanisch entkoppelt. Diese Ausführungsform erleichtert eine vollständig mechanische, thermische und/oder schwingungstechnische Entkopplung von Mess- und Strahlführungsgantry **12'** und **42**. Die Messgantry **42** umfasst wieder Mittel **45** zur Bildgebung, Strahlüberwachung und/oder Laserpositionierung.

Patentansprüche

1. Gantry-System (1;41) für eine Partikeltherapieanlage mit einer Strahlführungsgantry (12; 12'), die Elemente (13A; 13B; 13C; 15; 13A'; 13B'; 13C'; 15') zur Strahlführung aufweist, und mit einer Messgantry (21; 42), die eine Vorrichtung (27;45) zur Strahlüberwachung aufweist, welche mindestens einen Strahlparameter des applizierten Strahls misst, wobei der Strahlparameter zur Steuerung der Partikeltherapieanlage vorgesehen ist.

2. Gantry-System (1; 41) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Vorrichtung zur Ausgabe des Parameters an ein Kontrollsystem der Partikeltherapieanlage ausgebildet ist.

3. Gantry-System (1; 41) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Messgantry (21; 42) für die Bestrahlung in eine Winkelposition rotierbar ist, in der eine Messeinheit der Vorrichtung zur Messung von Partikeln aus der entsprechend gedrehten Strahlführungsgantry (12; 12') von den Partikeln durchstrahlbar ist, um insbesondere den Ort und/oder die Energie und/oder die Anzahl der applizierten Partikel des Strahls zu messen.

4. Gantry-System (1; 41) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Messeinheit ein Ortsdetektor zur Positionsbestimmung und/oder ein Dosimeter zur Intensitätsmessung des Partikelstrahls aufweist.

5. Gantry-System (1;41) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Messgantry (21; 42) eine Einrichtung (33) zur Patientenpositionsverifikation und/oder eine Patientenpositioniervorrichtung (9) und/oder eine Laserpositioniervorrichtung aufweist.

6. Gantry-System (1; 41) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Messgantry (21; 42) und die Strahlführungsgantry (12; 12') unabhängig von einander

- installierbar und/oder
- in ihrer Winkelposition einstellbar und/oder
- mit Energie versorgbar und/oder
- zur Signalverarbeitung ausgebildet und/oder
- mechanisch, thermisch und/oder schwingungstechnisch entkoppelt sind.

7. Gantry-System (1; 41) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Messgantry (21; 42) konzentrisch zur und/oder innerhalb der Strahlführungsgantry (12; 12') angeordnet ist.

8. Gantry-System (1;41) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Strahlführungsgantry (12; 12') auf einer Lagerungsvorrichtung (17; 19; 17' 19') und die Messgantry (21; 42) auf einer Messgantry-Lagerungsvorrichtung (23; 43) rotierbar ange-

ordnet sind, welche eine unabhängige Rotation von Mess- und Strahlführungsgantry erlauben.

9. Gantry-System (1) nach Anspruch 5, wobei die Messgantry-Lagerungsvorrichtung (23) radial innerhalb der Lagerungsvorrichtung (17) angeordnet ist und sich insbesondere mittels der dazwischen liegenden Strahlführungsgantry (12) über deren Lagerungsvorrichtung (17; 19) auf einem Fundament (20) abstützt.

10. Gantry-System (41) nach Anspruch 5, wobei sich die Messgantry-Lagerungsvorrichtung (43) als auch die Lagerungsvorrichtung (17'; 19') unabhängig voneinander auf einem Fundament (47) abstützen, und wobei insbesondere die Abstützung der Messgantry-Lagerungsvorrichtung (43) auf einer Seite der Strahlführungsgantry (12') erfolgt, die der Strahlzuführung der Partikel zur Strahlführungsgantry (12') entgegengesetzt angeordnet ist.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

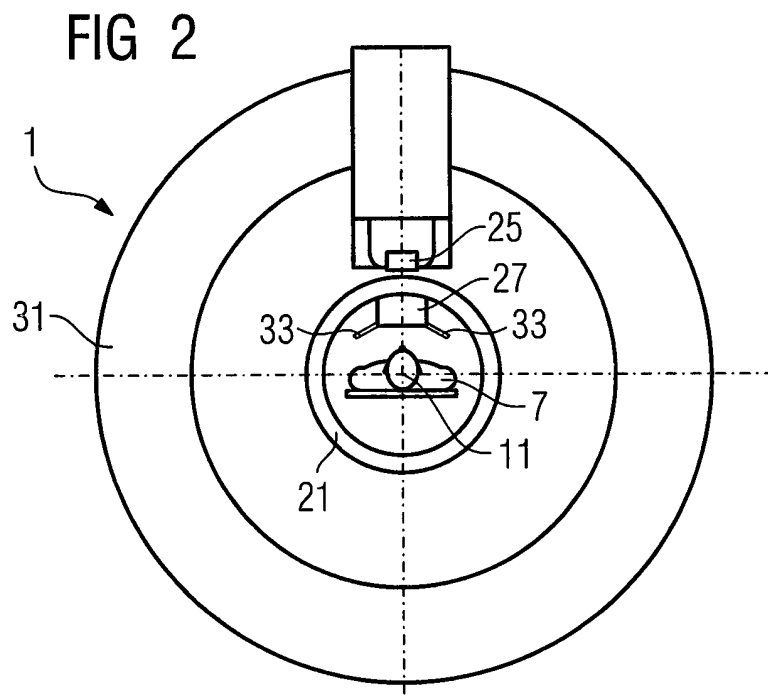
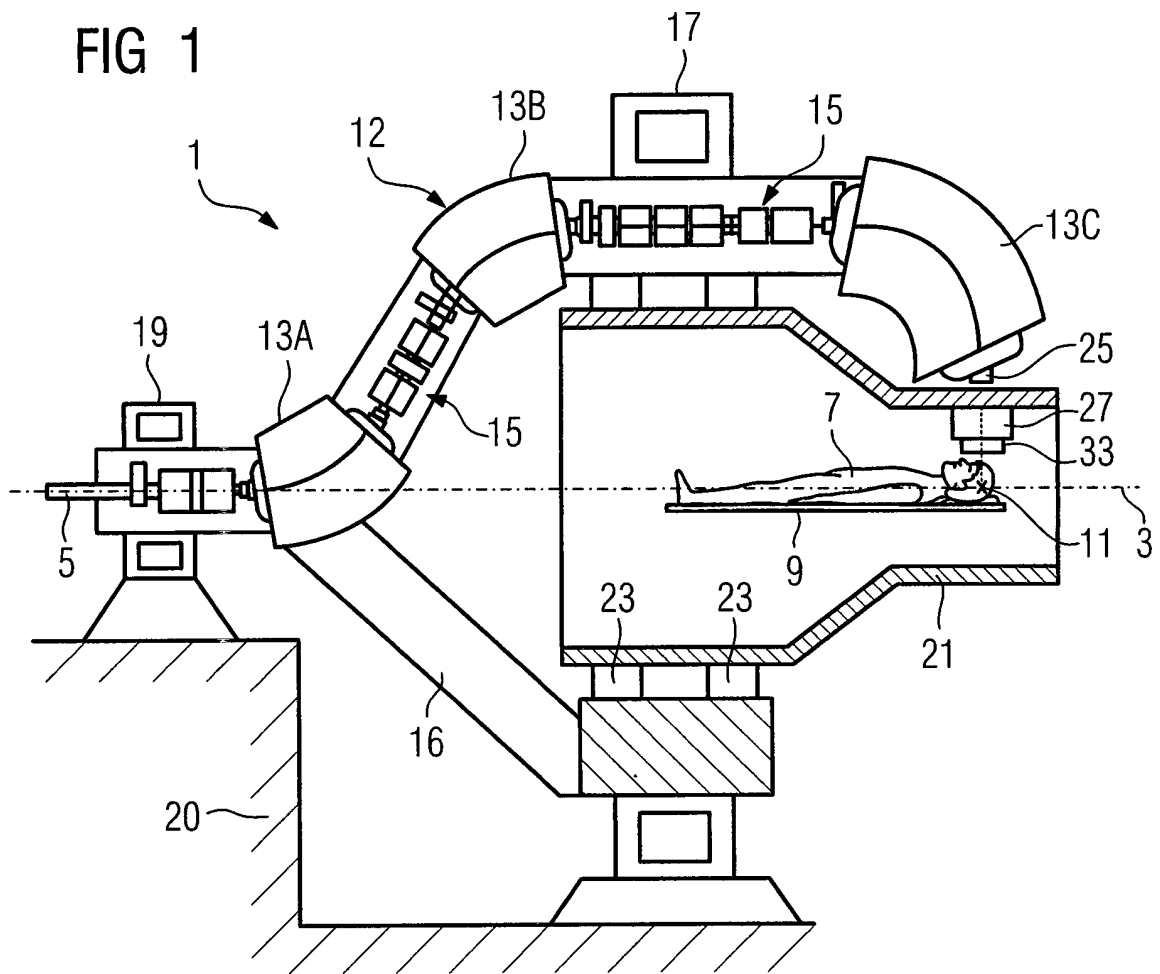


FIG 3

