



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 602 19 059 T2** 2007.12.13

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 446 989 B1**
(21) Deutsches Aktenzeichen: **602 19 059.2**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US02/34556**
(96) Europäisches Aktenzeichen: **02 789 303.1**
(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2003/039212**
(86) PCT-Anmeldetag: **28.10.2002**
(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **08.05.2003**
(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **18.08.2004**
(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **21.03.2007**
(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **13.12.2007**

(51) Int Cl.⁸: **H05G 1/00** (2006.01)
A61B 6/04 (2006.01)
A61B 6/08 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
340430 P **30.10.2001** **US**

(73) Patentinhaber:
**Loma Linda University Medical Center, Loma
Linda, Calif., US**

(74) Vertreter:
**Canzler & Bergmeier, Patentanwälte, 85055
Ingolstadt**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB,
GR, IE, IT, LI, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR**

(72) Erfinder:
MOYERS, Michael F., Colton, CA 92324, US

(54) Bezeichnung: **EINRICHTUNG ZUM AUSRICHTEN EINES PATIENTEN ZUR STRAHLENTHERAPIE**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

STAND DER TECHNIK

[0001] Die Strahlenanwendung wird für mehrere therapeutische Diagnosezwecke verwendet. Zum Beispiel wird die externe Radiotherapie, die als „Teletherapie“ bekannt ist, verwendet, um etwa die Hälfte aller krebserkrankten Patienten in den Vereinigten Staaten zu behandeln, und so wird sie auch verwendet, um Patienten mit arteriovenösen Fehlbildungen, neovaskulären, subfovealen, intraokulären Membranen und Parkinson-Syndrom sowie mit anderen Krankheiten und in anderen Zuständen zu behandeln.

[0002] Im Allgemeinen wird die Teletherapie mit Verwendung von Röntgenstrahlenbündeln oder Elektronenstrahlen ausgeführt. Seit kurzer Zeit wird die Teletherapie jedoch aufgrund von zwei Eigenschaften der Protonenstrahlen mit Verwendung von Protonenstrahlen ausgeführt. Erstens werden die Protonenstrahlen nicht wie Röntgenstrahlenbündel oder Elektronenstrahlen verstreut. Auf diese Weise kann die Teletherapie mit einem Protonenstrahl, der einen Gradienten mit einer steileren Dosis nahe am Rand des Protonenstrahls als ein Röntgenstrahlenbündel oder ein Elektronenstrahl hat, angewendet werden. Zweitens verlieren die Protonen schneller Energie, wenn sie in das Gewebe eindringen und verabreichen auf diese Weise in der Tiefe des Zielgewebes eine größere Dosis. Diese beiden Eigenschaften der Protonenstrahlen ermöglichen die Verabreichung von größeren Dosen an die Zielgewebe, während sie die Strahlung an die daneben liegenden normalen Gewebe vermindern.

[0003] Das Umreißen der Zielgewebe gegenüber den Nichtzielgeweben und die Wahl der Bündelrichtungen erfolgen normalerweise mit Verwendung eines computerisierten Behandlungsplansystems. Das computerisierte Behandlungsplansystem analysiert die eingehenden Informationen wie zum Beispiel die Entstehung der Bilder in der Magnetresonanz und Computertomographie und liefert Ausgangsinformationen wie zum Beispiel Bündelrichtungen, Formen der normalen Gewebeschemen für jedes Bündel und Informationen über die Ausrichtung des Patienten für jedes Bündel.

[0004] Das Dokument US-B-6 275 5641 beschreibt eine allgemeine Positioniereinrichtung für die Strahlenbehandlung.

[0005] Das Dokument EP-A-0 283 082 beschreibt ein allgemeines Trägersystem für die Patienten der Radiotherapie.

[0006] Das Dokument US-A-5 911 655 beschreibt eine Trägervorrichtung für die Patienten der Strahlenbehandlung auf stereotaktischem Ziel.

[0007] Das Dokument US-A6 094 760 beschreibt ein Liegesystem für die Strahlenbehandlung.

[0008] Das Dokument WO-A-01/89625 beschreibt eine Vorrichtung für die Positionierung eines krebserkrankten Patienten im Kopf- oder Nackenbereich in einem Behandlungszimmer mit schweren Ionen.

[0009] Unabhängig von der Art der Teletherapie ist die entsprechende Ausrichtung des Patienten kritisch für die Verabreichung einer ausreichenden Strahlung der Zielgewebe, während die an die Nichtzielgewebe verabreichte Strahlung vermindert wird. Die Ausrichtung des Patienten ist der Prozess, durch den ein Patient auf reproduzierbare Weise mit dem Gerät verbunden wird, das die Strahlungen verabreicht, um anatomische, morphologische und physiologische Informationen für die Ausführung von Behandlungssimulationen und die Verabreichung von Behandlungen zu erhalten. Die Ausrichtungsziele der Patienten sollen durch Strahlenbündel einen unbegrenzten Zugriff auf den Patienten ermöglichen und Zielgewebe liefern und genaue Dosen verabreichen, während die Bequemlichkeit und Sicherheit des Patienten gefördert und ein schneller Ausstieg des Patienten aus dem Strahlensendungsgerät ermöglicht wird.

[0010] Die fünf Ausrichtungsphasen eines Patienten sind Registrierung, Ruhigstellung, Lokalisierung, Positionierung und Prüfung. Die Registrierung schließt die Unterbringung des Patienten auf einer Patienten-Positioniervorrichtung wie einem beweglichen Tisch auf reproduzierbare Weise ein. Die Ruhigstellung schließt die Sicherung des registrierten Patienten auf der Patienten-Positioniervorrichtung ein, so dass sich beide wie eine einzige Einheit steuern lassen. Die Lokalisierung schließt die Festlegung der Position des Zielgewebes gegenüber der Diagnoseeinheit, der Simulation oder der Behandlung ein. Die Positionierung schließt die Verschiebung der Patienten-Positioniervorrichtung für die Unterbringung des Zielgewebes in der gewünschten Orientierung und Position ein. Die Prüfung schließt die Prüfung der Orientierung und Position des Patienten ein und kann die Anwendung der gleichen Technik wie die Lokalisierung beinhalten. Eine oder mehrere dieser Phasen können wie gefordert wiederholt werden. Die Ausrichtung des Patienten wird schnell ausgeführt, und es ist wahrscheinlich, dass der Patient auf geeignete Weise ausgerichtet wird, wobei der um das Zielgewebe herum angebrachte Rand vermindert wird, um die Bewegung zu berücksichtigen und die Strahlendosis auf die Nichtzielgewebe zu reduzieren.

[0011] Die Ausrichtung des Patienten wird normalerweise ausgeführt, während der Patient auf dem Rücken liegt, denn der größte Flächenbereich des Patienten wird von den Registrier- und Ruhigstellungsvorrichtungen erfasst, weil der gesamte Patient sich auf einer zugänglicheren Höhe für das Behand-

lungspersonal befindet und weil die Patienten allgemein bequemer auf dem Rücken liegen. Die meisten Patienten-Positioniervorrichtungen sind daher eine Art von Tisch.

[0012] Die Registrierung wird normalerweise realisiert, indem eine Registriervorrichtung wie ein nicht sehr dichter Schaum verwendet wird, der individuell auf die Form des Patienten aufgedruckt wird und am oberen Teil der Patienten-Positioniervorrichtung befestigt wird. Der Patient liegt direkt auf dem Schaum, der verhindert, dass der Patient sich dreht und sich gegenüber der Patienten-Positioniervorrichtung verschiebt, und die Bequemlichkeit des Patienten erhöht.

[0013] Die Ruhigstellung wird normalerweise mit Verwendung eines thermoplastischen Netzes ausgeführt, das an der Patienten-Positioniervorrichtung befestigt wird und sowohl den Patienten als auch die Registriervorrichtung deckt. Alternativ dazu kann die Ruhigstellung für eine Teletherapie, die den Kopf und Nacken einschließt, mit Verwendung eines Rings, der „Halo“ genannt wird, ausgeführt werden, der auf den Schädel des Patienten geschraubt und dann an der Patienten-Positioniervorrichtung verbolzt wird.

[0014] Eine hoch präzise Lokalisierung und Prüfung basieren allgemein auf radiographischen Techniken und zuverlässigen Markierungsvorrichtungen. Die zuverlässigen Markierungsvorrichtungen können intern wie zum Beispiel natürliche anatomische oder eingesetzte Bezugnahmen oder extern wie ein Z-förmiges Gehäuse, das an einem Halo befestigt wird, sein.

[0015] Für die Lokalisierung und Prüfung wird in der Teletherapie mit Protonenstrahlen normalerweise eine Behandlungseinheit mit Protonenstrahlen verwendet, die eine Röntgendiagnosequelle einschließen, welche ein Röntgenstrahlenbündel projizieren kann, um den vorgesehenen Weg der Protonenstrahlen zu simulieren. Das Röntgenstrahlenbündel durchdringt den Patienten und erzeugt Lokalisierungsbilder, die auf einem Film oder einer Bilderzeugungsvorrichtung auf einem elektronischen Portal erfasst werden. Die Lokalisierung wird durch den Vergleich der Lokalisierungsbilder mit Röntgenbildern erhalten, die auf digitaler Ebene (DRRS) rekonstruiert und vom Behandlungsplansystem erzeugt werden. Der Patient wird wieder positioniert, und es entstehen neue Lokalisierungsbilder, bis die Deckung der Lokalisierungsbilder und der Röntgenbilder erhalten wird, die zur Prüfung der Position auf digitale Weise rekonstruiert werden.

[0016] Nachdem die Ausrichtung des Patienten beendet ist, erfolgt normalerweise die Teletherapie mit Verwendung von isozentrischen Stützen, die den Eingang der Strahlenbündel in die Patienten zeitlich

gesteuert aus mehreren Richtungen vereinfachen. Eine Stütze ist eine mechanische Vorrichtung, die ein System für die Verabreichung von Strahlenbündeln enthält und ein oder mehrere Instrumente einschließt wie zum Beispiel einen Teilchenbeschleuniger, ein Röntgenstrahlenrohr, eine Vorrichtung für die Verbreiterung der Bündel, einen Kollimator für die Begrenzung der Bündel, eine Vorrichtung zur Veränderung der Teilchenfelder, eine Vorrichtung zur Veränderung der Fluenz und einen Vermesser zur Monitorierung der Dosen.

[0017] Die Drehachsen der Stütze und die Patienten-Positioniervorrichtung überschneiden sich in einem Punkt des Raumes, dem Isozentrum. Die Mitte des Zielgewebes innerhalb des Patienten befindet sich normalerweise auf dem Isozentrum. Unglücklicherweise unterliegen die Vorrichtungen zur Verabreichung der Strahlenbündel innerhalb der Stütze Biegungen, wenn sie sich drehen, und verursachen daher einen Ausrichtungsfehler des Strahlenbündels mit dem Zielgewebe.

[0018] Wenn die Ausrichtung des Strahlenfeldes in der Vergangenheit nicht kritisch war, um das normale Gewebe neben dem Zielgewebe zu vermeiden, wurden die Ränder der Strahlenfelder in großer Entfernung um die Volumen der Zielgewebe herum angeordnet, um zu garantieren, dass das Zielgewebe unabhängig vom Ausrichtungsfehler des Strahlenbündels aufgrund der Biegungen des Systems zur Verabreichung der Strahlenbündel getroffen wurde. Wenn die kritischen normalen Gewebe neben den Zielgeweben lagen, erhielt man dennoch eine präzise Ausrichtung durch die radiographische Neupositionierung des Patienten für jedes einzelne Bündel oder durch die Verwendung von großen festen mechanischen und komplizierten Strukturen, um die Biegungen der Systeme zur Verabreichung der Strahlenbündel zu reduzieren. Leider erfordert die radiographische Neupositionierung eines Patienten dennoch mindestens 15 Minuten, um jedes Strahlenbündel vor der Verabreichung der Strahlungen auszurichten. Daher erfordert die Verabreichung von sechs Bündeln an einen Patienten insgesamt eine Behandlungsdauer von mindestens etwa 1,5 Stunden. Daher schränkt die radiographische Neupositionierung eines Patienten für jedes Strahlenbündel die Anzahl der Patienten, die mit jedem Behandlungsgerät behandelt werden können, bedeutend ein und erhöht die Behandlungskosten.

[0019] Deshalb wäre es nützlich, ein Verfahren für die Ausrichtung eines Patienten zu haben, um mehrfache Strahlenbündel zu verabreichen wie zum Beispiel Protonenstrahlen, das es ermöglicht, einen Patienten zwischen den Verabreichungen der Strahlungen in weniger Zeit auszurichten. Außerdem wäre es nützlich, eine Vorrichtung für die Ausrichtung eines Patienten zu haben, um mehrfache Strahlenbündel

zu verabreichen wie zum Beispiel Protonenstrahlen, die es ermöglicht, einen Patienten in weniger Zeit auszurichten.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0020] Gemäß der vorliegenden Erfindung ist eine Vorrichtung für die Ausrichtung eines Patienten vorgesehen, um mehrere Strahlenbündel gemäß Patentanspruch 1 zu verabreichen.

ABBILDUNGEN

[0021] Diese und andere Merkmale, Aspekte und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden besser durch die folgende Beschreibung, die beiliegenden Patentansprüche und die Begleitabbildungen verständlich, in denen:

[0022] die [Abb. 1](#) die schematische Ansicht einer Realisierungsform der Vorrichtung zur Ausrichtung eines Patienten ist, um mehrfache Strahlenbündel gemäß der vorliegenden Erfindung zu verabreichen;

[0023] die [Abb. 2](#) die seitliche perspektivische Ansicht der Vorrichtung in [Abb. 1](#) mit der Liegefläche des Patienten in neutraler Position ist;

[0024] die [Abb. 3](#) die seitliche schematische Ansicht im Aufriss und Schnitt der Vorrichtung in [Abb. 1](#) ist, die die Endbewegung der Vorrichtung auf der Achse x darstellt;

[0025] die [Abb. 4](#) die seitliche schematische Ansicht im Aufriss und Schnitt der Vorrichtung in [Abb. 1](#) ist, die die Endbewegung der Vorrichtung auf der Achse y darstellt;

[0026] die [Abb. 5](#) die seitliche schematische Ansicht im Aufriss und Schnitt der Vorrichtung in [Abb. 1](#) ist, die die Endbewegung der Vorrichtung auf der Achse z darstellt;

[0027] die [Abb. 6](#) die seitliche schematische Ansicht im Aufriss und Schnitt der Vorrichtung in [Abb. 1](#) ist, die die Endbewegung der Vorrichtung in einer Kippbewegung darstellt;

[0028] die [Abb. 7](#) die seitliche schematische Ansicht im Aufriss und Schnitt der Vorrichtung in [Abb. 1](#) ist, die die Endbewegung der Vorrichtung in einer Nickbewegung darstellt;

[0029] die [Abb. 8](#) die geteilte schematische Ansicht der Vorrichtung der [Abb. 1](#) von oben ist, die ein Beispiel der Bestandteile der Vorrichtung in [Abb. 1](#) darstellt, die die Endbewegung auf der Achse x ermöglichen;

[0030] die [Abb. 9](#) die geteilte schematische Ansicht

der Vorrichtung der [Abb. 1](#) von oben ist, die ein Beispiel der Bestandteile der Vorrichtung in [Abb. 1](#) darstellt, die die Endbewegung auf der Achse y ermöglichen;

[0031] die [Abb. 10](#) die geteilte schematische Ansicht der Vorrichtung der [Abb. 1](#) von oben ist, die ein Beispiel der Bestandteile der Vorrichtung in [Abb. 1](#) darstellt, die die abschließende Kippbewegung ermöglichen;

[0032] die [Abb. 11](#) die geteilte schematische Ansicht der Vorrichtung der [Abb. 1](#) von oben ist, die ein Beispiel der Bestandteile der Vorrichtung in [Abb. 1](#) darstellt, die die abschließende Nickbewegung ermöglichen; und

[0033] die [Abb. 12](#) und die [Abb. 13](#) Beispiele von Graphiken der Datengruppen sind, die das Biegeverhalten einer Mustervorrichtung zur Verabreichung von Strahlenbündeln der Drehfläche einer Stütze und entsprechend senkrecht zur Drehfläche der Stütze beschreiben.

BESCHREIBUNG

[0034] Gemäß der vorliegenden Erfindung ist eine Vorrichtung zur Ausrichtung eines Patienten für die Verabreichung von mehreren Strahlenbündeln wie zum Beispiel Protonenstrahlen von einer Vorrichtung zur Verabreichung von Strahlenbündeln in mehreren Positionen der Vorrichtung vorgesehen, die es ermöglicht, dass ein Patient in weniger Zeit im Vergleich zu den herkömmlichen Ausrichtungsvorrichtungen ausgerichtet wird. Es wird auch ein Verfahren zur Ausrichtung eines Patienten für die Verabreichung mehrerer Strahlenbündel wie zum Beispiel Protonenstrahlen von einer Vorrichtung zur Verabreichung der Strahlenbündel in mehreren Positionen der Vorrichtung beschrieben. Das Verfahren ermöglicht die Ausrichtung eines Patienten in weniger Zeit im Vergleich zu den herkömmlich verwendeten Verfahren. Durch die Reduzierung der Ausrichtungszeit ermöglichen sowohl die Vorrichtung als auch das Verfahren die Behandlung von mehreren Patienten, die Reduzierung der Behandlungskosten je Patient, die Reduzierung der Expositionsmenge gegenüber den Strahlungen an Nichtzielgewebe, die vom Ausrichtungsverfahren abhängen. Es wird auch ein Verfahren für die Ausführung der Teletherapie beschrieben. Das Verfahren für die Ausführung der Teletherapie schließt die Ausrichtung eines Patienten mit Verwendung des Ausrichtungsverfahrens der vorliegenden Erfindung und die Verabreichung von mehreren Strahlenbündeln aus zwei oder mehr als zwei Richtungen ein. Auch wenn die Vorrichtung und das Verfahren in Bezug auf Teletherapie und besonders Teletherapie mit Verwendung von Protonenstrahlen beschrieben wird, können diese auch für die Ausrichtung eines Patienten zur Verabreichung anderer

Strahlentypen präzise und schnell in einem begrenzten Bereich für andere Zwecke als Teletherapie verwendet werden, wie es die Experten des Zweiges in Bezug auf diese Beschreibung verstehen werden.

[0035] Die vorliegende Erfindung ist eine Vorrichtung zur Ausrichtung eines Patienten für die Verabreichung von mehreren Strahlenbündeln, die weniger Zeit für die Ausrichtung des Patienten für jede Verabreichung der Bündel im Vergleich zu den herkömmlich verwendeten Vorrichtungen erfordert.

[0036] Die Vorrichtung schließt eine zweistufige Patienten-Positioniervorrichtung ein. Eine Stufe enthält ein Untersystem für die Grobausrichtung, das große Durchquerungen und große Drehungen innerhalb des Behandlungszimmers liefern kann, um das Zielgewebe innerhalb des Patienten nahe an das Isozentrum zu bringen. Die zweite Stufe enthält ein Untersystem für die Feinausrichtung, das Verschiebungen unter dem Millimeter und Drehungen unter dem Grad ausführen kann, um jeden anfänglichen Ausrichtungsfehler nahe beim Isozentrum zu korrigieren und jede Biegung in der Vorrichtung zur Verabreichung der Bündel auszugleichen, wenn mehrere Strahlenbündel am Zielgewebe aus mehreren Verabreichungsrichtungen angewendet werden.

[0037] In Bezug auf die [Abb. 1](#) wird jetzt eine schematische Ansicht der Vorrichtung der vorliegenden Erfindung dargestellt. Wie man sehen kann, enthält die Vorrichtung **10** eine Liegefläche des Patienten **12**, ein Untersystem für die Grobausrichtung **14**, das mit dem Liegesystem des Patienten **12** verbunden ist, und ein Untersystem für die Feinausrichtung **16**, das mit der Liegefläche des Patienten **12** verbunden ist.

[0038] Das Untersystem für die Grobausrichtung **14** leitet grobe Bewegungen der Liegefläche des Patienten **12** im Behandlungszimmer ein. Das Untersystem für die Grobausrichtung **14** kann grobe Bewegungen der Liegefläche des Patienten **12** einleiten, die große Durchquerungen bis zu etwa 2 Metern und große Drehungen bis zu etwa 60 Grad einschließen können.

[0039] Gemäß Darstellung in [Abb. 1](#) enthält das Untersystem für die Grobausrichtung **14** eine Hebesäule **18**, die mit dem Untersystem für die Feinausrichtung **16** und mit einer Basis **20** verbunden ist. Das Untersystem für die Grobausrichtung **14** enthält außerdem vorzugsweise mehrere Räder **22**, die an der Basis **20** befestigt sind und erlauben, dass die Vorrichtung **10** im Behandlungszimmer transportiert wird. In einer Realisierungsform werden die Räder **22** von einem Computer gesteuert. In einer anderen Realisierungsform schließt das Untersystem für die Grobausrichtung **14** Trägerblöcke der Basis **24** ein, um die von der Vorrichtung **10** im Behandlungszimmer gewählte Position beizubehalten. In einer vorgezoge-

nen Realisierungsform schließt das Untersystem für die Grobausrichtung **14** ein Kontergewicht **26** ein, das mit der Basis **20** verbunden ist, um das Gewicht der Liegefläche des Patienten **12** und eines Patienten auszugleichen (nicht dargestellt). Das Untersystem für die Grobausrichtung **14** schließt zusätzlich dazu eine (nicht dargestellte) Elektronik für die Kontrolle der Bewegung des Untersystems für die Grobausrichtung **14** ein. Das Untersystem für die Grobausrichtung **14** schließt außerdem ein Positionserfassungssystem **30** für die Berechnung der Position der Vorrichtung **10** im Behandlungszimmer ein. Ein geeignetes Untersystem für die Grobausrichtung **14**, das ein Ausrichtungssystem der Position **30** enthält, ist bei der ONCOlog Medical QA AB in Uppsala, Schweden, mit dem Namen Hercules erhältlich, auch wenn es nicht erforderlich ist, das Riemenstadium und die Riemenversorgung für den Einsatz in die Vorrichtung **10** zu installieren und für die Vorrichtung **10** die Eigenschaft der Achsen des Bündels zu verwenden. Andere Untersysteme für die Grobausrichtung und Positionserfassungssysteme, die im Handel erhältlich sind, sind auch geeignet, wie es die Experten des Zweiges in Bezug auf diese Beschreibung verstehen werden.

[0040] In Bezug auf die [Abb. 2](#) wird jetzt eine seitliche perspektivische Ansicht der Vorrichtung **10** im Aufriss und Schnitt dargestellt. Wie man sehen kann, schließt die Vorrichtung **10** außerdem eine Liegefläche des Patienten **12** wie einen Tisch ein. Gemäß Darstellung in [Abb. 2](#) ist die Liegefläche des Patienten **12** in einer neutralen Position, d. h. parallel zur Achse entlang der Basis **20** und senkrecht zur Achse entlang der Hebesäule **18**. Ein entsprechender Tisch ist die Liegefläche des Patienten Atlas der ONCOlog Medical QA AB, auch wenn andere Liegeflächen des Patienten geeignet sind, wie es die Experten des Zweiges in Bezug auf diese Beschreibung verstehen werden.

[0041] Die Vorrichtung **10** hat eine Schnittstelle, um eine oder mehrere Vorrichtungen für die Registrierung und Ruhigstellung (nicht dargestellt) zu befestigen, wie zum Beispiel Schiffchen für den ganzen Körper, Schaumwiegen, Gesichtsmasken, Halos für den Schädel und Beißblöcke. In einer vorgezogenen Ausführungsform schließt die Liegefläche des Patienten **12** ein gegenüber liegendes, C-förmiges Armpaar **28** ein, das einen Teil der Liegefläche des Patienten **12** mit einem anderen Teil entlang ihrer longitudinalen Länge verbindet und ermöglicht, dass sich das distale Endstück der gleichen Liegefläche **12** distal ausbreitet und so einen offenen Bereich erzeugt, der es einem Strahlenbündel ermöglicht, unbehindert in das Zielgewebe einzudringen, während der Patient durch eine oder mehrere Registriervorrichtungen gestützt wird. Vorzugsweise ist es möglich, die C-förmigen Arme **28** entfernt vom Bündelweg drehen zu lassen, während der Patient auf der Liegefläche des Patienten

ten **12** registriert und ruhig gestellt wird.

[0042] Die Vorrichtung **10** schließt außerdem ein Untersystem für die Feinausrichtung **16** ein, das mit der Liegefläche des Patienten **12** und mit dem Untersystem für die Grobausrichtung **14** verbunden ist. Das Untersystem für die Feinausrichtung **16** leitet die feinen Bewegungen der Liegefläche des Patienten **12** gegenüber dem Behandlungszimmer ein. Die feinen Bewegungen schließen große Verschiebungen bis zu etwa ± 20 mit einer Auflösung zwischen etwa 0,04 mm und etwa 0,1 mm auf drei senkrechten Achsen und große Nick- und Kippbewegungen bis zu etwa $\pm 5^\circ$ mit einer Auflösung zwischen etwa $0,1^\circ$ und $0,2^\circ$ ein. In einer vorgezogenen Realisierungsform schließen die feinen Bewegungen große Verschiebungen bis zu etwa ± 20 mit einer Auflösung von etwa 0,05 mm auf drei senkrechten Achsen und große Nick- und Kippbewegungen bis zu $\pm 5^\circ$ etwa mit einer Auflösung von etwa $0,1^\circ$ ein.

[0043] In Bezug auf die [Abb. 3](#) und [Abb. 7](#) werden jetzt seitliche schematische Ansichten im Aufriss und Schnitt der Vorrichtung **10** dargestellt, die folgendes zeigen: die feine Bewegung der Vorrichtung **10** auf der Achse x, [Abb. 3](#); die feine Bewegung der Vorrichtung **10** auf der Achse y, [Abb. 4](#); die feine Bewegung der Vorrichtung **10** auf der Achse z, [Abb. 5](#); die feine Bewegung der Vorrichtung **10** in einer Kippbewegung, [Abb. 6](#); und die feine Bewegung der Vorrichtung **10** in einer Nickbewegung, [Abb. 6](#).

[0044] In Bezug auf die [Abb. 8](#) wird jetzt eine geteilte schematische Ansicht der Vorrichtung **10** von oben dargestellt, die ein Beispiel der Bestandteile der Vorrichtung **10** darstellt, die die feine Bewegung auf der Achse x ermöglichen. Wie man sehen kann, enthalten die Bestandteile der Vorrichtung **10**, die die feine Bewegung auf der Achse x ermöglichen, Schienen **32**, ein Förderband **34**, eine Steuerrille mit einer Schraube auf Kugeln **36**, eine Kugelumlaufschraube **38**, eine Lagerhalterung **40**, einen Motor mit Getriebe **42**, Riemenscheiben **44**, einen Synchronriemen **46** und ein Präzisionspotentiometer **48** mit 10 Windungen.

[0045] In Bezug auf die [Abb. 9](#) wird jetzt eine geteilte schematische Ansicht der Vorrichtung **10** von oben dargestellt, die ein Beispiel der Bestandteile der Vorrichtung **10** darstellt, die die feine Bewegung auf der Achse y ermöglichen. Wie man sehen kann, enthalten die Bestandteile der Vorrichtung **10**, die die feine Bewegung auf der Achse y ermöglichen, einen Rahmen **50**, Schienen **52**, einen Träger **54**, ein Hilfssteuerelement **56**, eine Steuerrille mit einer Schraube auf Kugeln **58**, eine Kugelumlaufschraube **60**, eine Lagerhalterung **62**, einen Motor mit Getriebe **63**, Riemenscheiben **66**, einen Synchronriemen **68** und ein Präzisionspotentiometer **70** mit 10 Windungen.

[0046] In Bezug auf die [Abb. 10](#) wird jetzt eine geteilte seitliche schematische Ansicht der Vorrichtung **10** dargestellt, die ein Beispiel der Bestandteile der Vorrichtung **10** darstellt, die die feine Kippbewegung ermöglichen. Wie man sehen kann enthalten die Bestandteile der Vorrichtung **10**, die die feine Kippbewegung darstellen, einen linearen Trieb **72**, einen oberen Teil des Tisches **74**, ein Drehzentrum für den Kippwinkel **76**, ein unteres Drehzentrum für den Trieb **78** und ein oberes Drehzentrum für den Trieb **80**. Es werden auch die C-förmigen Arme **28** dargestellt.

[0047] In Bezug auf die [Abb. 11](#) wird jetzt eine geteilte seitliche schematische Ansicht der Vorrichtung **10** dargestellt, die ein Beispiel der Bestandteile der Vorrichtung **10** darstellt, die die feine Nickbewegung ermöglichen. Wie man sehen kann enthalten die Bestandteile der Vorrichtung **10**, die die feine Nickbewegung darstellen, einen linearen Trieb **82**, einen oberen Teil des Tisches **74**, ein Drehzentrum für den Nickwinkel **84**, ein unteres Drehzentrum für den Trieb **86** und ein oberes Drehzentrum für den Trieb **88**.

[0048] Es wird auch ein Verfahren zur Ausrichtung eines Patienten für die Verabreichung mehrerer Strahlenbündel wie zum Beispiel Protonenstrahlen von einer Vorrichtung zur Verabreichung der Strahlenbündel in mehreren Positionen der Vorrichtung beschrieben. Das Verfahren schließt die Phasen für den Ausgleich der Biegung einer Vorrichtung zur Verabreichung der Strahlenbündel innerhalb einer Stütze während der Bewegung der Vorrichtung zur Verabreichung der Strahlenbündel von einer ersten Position der Vorrichtung zur zweiten Position der Vorrichtung ein, indem eine vorbestimmte Datengruppe verwendet wird, die das Biegeverhalten der Vorrichtung zur Verabreichung der Strahlenbündel beschreibt, so dass sich das Gewebe des Patienten am Zentrum der Bündellinie für die Vorrichtung zur Verabreichung der Strahlenbündel auf der zweiten Position der Vorrichtung befindet. Das Verfahren ermöglicht es, einen Patienten aus mehreren Positionen der Vorrichtung zur Verabreichung zu bestrahlen, ohne dass der Patient einem vollständigen neuen Ausrichtungsverfahren zwischen der Neupositionierung der Vorrichtung zur Verabreichung der Strahlenbündel von der ersten Position der Vorrichtung zur zweiten Position der Vorrichtung unterstellt werden muss. Das Verfahren reduziert vorteilhaft Zeit und Kosten für die Verabreichung von mehreren Strahlenbündeln aus mehreren Positionen der Vorrichtung.

[0049] Das vorliegende Verfahren für die Ausrichtung eines Patienten zur Verabreichung mehrerer Strahlenbündel aus mehreren Positionen der Vorrichtung schließt folgende Phasen ein. Erstens entsteht eine Datengruppe, die das Biegeverhalten einer Vorrichtung zur Verabreichung der Strahlenbündel während der Neupositionierung beschreibt. Dann wird der entsprechende Patient gewählt, der ein oder

mehrere Zielgewebe hat, um mehrere Strahlenbündel zu erhalten. Danach wird ein Behandlungsplan aufgestellt. Dann wird der Patient gegenüber der Einstellungsposition der Bezugnahme ausgerichtet, um das Zielgewebe innerhalb des Patienten auf das Isozentrum zu bringen. Dann bewegt sich die Vorrichtung zur Verabreichung der Strahlenbündel in die erste Position der Vorrichtung. Dann wird die Biegung der Vorrichtung zur Verabreichung der Strahlenbündel ausgeglichen, die von der Bewegung in der ersten Position der Vorrichtung verursacht wird, indem eine vorbestimmte Datengruppe verwendet wird, die das Biegeverhalten der Vorrichtung zur Verabreichung der Strahlenbündel beschreibt, um das Zielgewebe innerhalb des Patienten auf das Zentrum der Bündellinie für die Vorrichtung zur Verabreichung der Strahlenbündel in die erste Position der Vorrichtung zu bringen. Dann wird das erste Strahlenbündel aus der Vorrichtung zur Verabreichung der Strahlenbündel in der ersten Position der Vorrichtung an das Zielgewebe innerhalb des Patienten verabreicht. Dann bewegt sich die Vorrichtung zur Verabreichung der Strahlenbündel in die zweite Position der Vorrichtung. Dann wird die Biegung der Vorrichtung zur Verabreichung der Strahlenbündel ausgeglichen, die von der Bewegung in der zweiten Position der Vorrichtung verursacht wird, indem eine vorbestimmte Datengruppe verwendet wird, die das Biegeverhalten der Vorrichtung zur Verabreichung der Strahlenbündel beschreibt, um das Zielgewebe innerhalb des Patienten auf das Zentrum der Bündellinie für die Vorrichtung zur Verabreichung der Strahlenbündel in die zweite Position der Vorrichtung zu bringen. Dann wird das zweite Strahlenbündel aus der Vorrichtung zur Verabreichung der Strahlenbündel in der zweiten Position der Vorrichtung an das Zielgewebe innerhalb des Patienten verabreicht.

[0050] Die Vorrichtung zur Verabreichung der Strahlenbündel kann auch in eine dritte Position der Vorrichtung verschoben werden. Dann wird die Biegung der Vorrichtung zur Verabreichung der Strahlenbündel ausgeglichen, die von der Bewegung in der dritten Position der Vorrichtung verursacht wird, indem eine vorbestimmte Datengruppe verwendet wird, die das Biegeverhalten der Vorrichtung zur Verabreichung der Strahlenbündel, das aus dem vorherigen hervorgeht beschreibt. Dann wird das dritte Strahlenbündel aus der Vorrichtung zur Verabreichung der Strahlenbündel in der dritten Position der Vorrichtung an das Zielgewebe innerhalb des Patienten verabreicht. Wie es die Experten des Zweiges in Bezug auf diese Beschreibung verstehen werden, können zusätzliche Strahlenbündel zusätzlicher Vorrichtung an das Zielgewebe innerhalb des Patienten verabreicht werden, indem die Biegung der Vorrichtung zur Verabreichung der Strahlenbündel ausgeglichen wird, die durch die Bewegung in den Positionen der zusätzlichen Vorrichtungen entsteht, indem eine vorbestimmte Datengruppe verwendet wird, die das Biege-

verhalten einer Vorrichtung zur Verabreichung der Strahlenbündel beschreibt.

[0051] Jede dieser Phasen wird jetzt detaillierter beschrieben. Erstens entsteht eine Datengruppe, die das Biegeverhalten einer Vorrichtung zur Verabreichung der Strahlenbündel beschreibt. In Bezug auf die [Abb. 12](#) und auf die [Abb. 13](#) werden jetzt Graphiken von kombinierten Datengruppen dargestellt, die das Biegeverhalten der beiden Mustervorrichtungen zur Verabreichung der Strahlenbündel in der Loma Linda University Proton Treatment Facility, Loma Linda, Kalifornien, US, in der Drehfläche der Stütze, [Abb. 12](#), und senkrecht zur Drehfläche der Stütze, [Abb. 13](#), beschreiben. Die Messungen wurden wie folgt ausgeführt.

[0052] Die Messung des mechanischen Isozentrums wurde in zwei senkrechte Bestandteile aufgeteilt. Der erste Bestandteil wurde verwendet, um die Radialabweichung zu beschreiben, wenn sich die Stütze dreht, während der zweite Bestandteil den maximalen Achshub beschreibt. Der radiale Bestandteil wurde zunächst durch Einführung eines gefrästen Blocks in das Endstück der Vorrichtung zur Verabreichung der Bündel nahe an der Stelle, wo der Patient während der Behandlung untergebracht wird, gemessen. Der gefräste Block reichte von der Vorrichtung zur Verabreichung bis über das geschätzte virtuelle Zentrum der Stütze hinaus. Ein Theodolit mit einem Teleskop mit einer Vergrößerung von 32× wurde im Zimmer etwa drei Meter vom vermuteten Isozentrum und koaxial zu diesem angebracht. Durch das Teleskop mit Theodolit wurde ein Gitter auf dem Block beobachtet, während die Stütze mit Erhöhungen von 10 Grad gedreht wurde. Nach jeder Bewegung wurde die Kreuzkoordinate im Sucher des Theodoliten gegenüber dem Gitter registriert. Nach der Datenmessung wurden die Daten vom Koordinatensystem der Stütze auf das Koordinatensystem des Zimmers umgewandelt und dargestellt. Der maximale Achshub wurde mit einer Uhr gemessen, die fest am Endstück der Patienten-Positioniervorrichtung befestigt wurde, wobei ihr empfindlicher Punkt den gefrästen Block im radialen, vorher festgelegten Isozentrum berührte. Die Stütze wurde wieder mit Erhöhungen von 10° gedreht und hielt für die Registrierung der Messungen an. Es wurden sowohl radiale als auch axiale Tests im und gegen den Uhrzeigersinn ausgeführt. Die Kreise stellen den Weg des Zentrums der Bündellinie während einer Drehung im Uhrzeigersinn dar, während die Kreuze den Weg des Zentrums der Bündellinie während einer Drehung gegen den Uhrzeigersinn darstellen.

[0053] Dann wurde der entsprechende Patient gewählt, der ein oder mehrere geeignete Zielgewebe hatte, um mehrere Strahlenbündel zu erhalten. Ein geeigneter Patient hat ein oder mehrere Zielgewebe, die krank oder in einem Zustand sind, der Telethera-

pie erfordert, wie zum Beispiel ein Neoplasma des Festgewebes, arteriovenöse Fehlbildungen oder das Parkinson-Syndrom. Vorzugsweise hat der Patient ein Neoplasma des Festgewebes, das durch Strahlentherapie beeinflussbar ist, wie zum Beispiel ein Neoplasma, das aus der Gruppe, die akustisches Neurom, Adenokarzinom, Astrozytom, Chordom, Meningiom, Nasopharynxkarzinom und hypophysäres Adenom einschließt, gewählt wird.

[0054] Dann wurde ein Behandlungsplan mit Verwendung der herkömmlichen Verfahren aufgestellt. Zum Beispiel wurde der Patient in einer Positionier- vorrichtung eines Patienten mit einem Scanner registriert und ruhig gestellt, wie zum Beispiel ein XCT-Scanner oder eine andere angemessene Vorrichtung, und mit Verwendung der entsprechenden Registrier- und Ruhigstellungsverfahren wurde der Patient einer Abtastung unterstellt. Die Informationen der Abtastung wurden dann auf ein Behandlungssystem übertragen, und es wurde der Behandlungsplan aufgestellt.

[0055] Dann wurde der Patient so ausgerichtet, dass sich das Zielgewebe innerhalb des Patienten auf dem Zentrum der Bündellinie der Vorrichtung zur Verabreichung der Strahlenbündel befand, um ein erstes Strahlenbündel an das Zielgewebe zu verabreichen. Der Patient kann mit Verwendung einer zweistufigen Patienten-Positionier- vorrichtung ausgerichtet werden, um mehrere Strahlenbündel gemäß der vorliegenden Erfindung zu verabreichen. Das kann zum Beispiel wie folgt realisiert werden.

[0056] Erstens wird die Zielposition innerhalb des Patienten gegenüber einem Bezugspunkt der Patienten-Positionier- vorrichtung festgelegt. Dann werden die Zimmerkoordinaten für das Untersystem der Grobausrichtung der Patienten-Positionier- vorrichtung berechnet, die erforderlich sind, um das Zentrum des Strahlenbündels der Vorrichtung zur Verabreichung der Strahlenbündel in die Zielposition innerhalb des Patienten zu bringen, und diese Koordinaten werden in eine Datenbank der Patienten-Positionier- vorrichtung übertragen, um eine Positionsdatei anzulegen. Dann wird der Patient in das Behandlungszimmer gebracht, und er wird in der Patienten-Positionier- vorrichtung registriert und ruhig gestellt, indem die gleichen Registrier- und Ruhigstellungsverfahren wie für die Aufstellung des Behandlungsplans verwendet werden. Dann wird das Untersystem der Feinausrichtung in einer neutralen Position zentriert, und man benutzt das Untersystem der Grobausrichtung für die Unterbringung des Zielgewebes innerhalb des Patienten nahe beim Zentrum der Bündellinie für die Vorrichtung zur Verabreichung der Strahlenbündel, indem der Bezugspunkt der Patienten-Positionier- vorrichtung verwendet wird. Dann wird die Position des Zielgewebes mit Verwendung der herkömmlichen Verfahren festgelegt, wie zum Beispiel

mit Verwendung von Röntgenbildern zur Lokalisierung, und es wird jede Verschiedenheit zwischen der aktuellen Position des Zielgewebes und der gewünschten Position des Zielgewebes berechnet. Dann wird das Untersystem zur Feinausrichtung der Patienten-Positionier- vorrichtung verwendet, um das Zielgewebe innerhalb des Patienten auf das Zentrum der Bündellinie für die Vorrichtung zur Verabreichung der Strahlenbündel in der ersten Position der Vorrichtung zu bringen.

[0057] Nach der Ausrichtung des Patienten wird ein erstes Strahlenbündel von der ersten Position der Vorrichtung an das Zielgewebe innerhalb des Patienten verabreicht. Dann bewegt sich die Vorrichtung zur Verabreichung der Strahlenbündel in die zweite Position der Vorrichtung. Dann wird die Biegung der Vorrichtung zur Verabreichung der Strahlenbündel ausgeglichen, die von der Bewegung in der zweiten Position der Vorrichtung verursacht wird, indem eine vorbestimmte Datengruppe verwendet wird, die das Biegeverhalten der Vorrichtung zur Verabreichung der Strahlenbündel beschreibt, um das Zielgewebe innerhalb des Patienten auf das Zentrum der Bündellinie für die Vorrichtung zur Verabreichung der Strahlenbündel in die zweite Position der Vorrichtung zu bringen. Der Ausgleich kann realisiert werden, indem der Patient und die Patienten-Positionier- vorrichtung wie eine einzige Einheit verschoben werden, wie zum Beispiel mit Verwendung einer zweistufigen Patienten-Positionier- vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung. Der Ausgleich kann durch eine oder zwei Wirkungen realisiert werden, die aus der Gruppe gewählt werden, die die Verschiebung einer Öffnung oder eines Kegels für die Beibehaltung des Blocks gegenüber dem Zentrum des Geräts für die Verabreichung der Strahlen, die Verschiebung der Position der Kollimatoren für die Definition des Geräts zur Verabreichung der Strahlen (wie zum Beispiel die Blätter eines mehrblättrigen Kollimatoren) und die Verschiebung der Abtastungskonfiguration eines Bündels, das magnetisch abgetastet wird, enthält, wo jede dieser Wirkungen mit der Drehung der Stütze kombiniert werden kann, die notwendig ist, um die Richtung und den Punkt des Bündelsuchers beizubehalten, wie es die Experten des Zweiges in Bezug auf diese Beschreibung verstehen werden. Dann wird ein zweites Strahlenbündel aus der zweiten Position der Vorrichtung an das Zielgewebe innerhalb des Patienten geliefert.

[0058] Das vorliegende Verfahren kann auch mit anderen Therapie- verabreichungstechniken einschließlich der seriellen Tomotherapie (Fächerstrahl), Spiral-CT (spiralförmig), der Intensitätsmodulierten Bewegungsstrahlung (IMAT), der dynamischen Kegelstrahl-Tomographie (Schiebefenster), der Kegelstrahl-Segment-Tomographie (Schritt und Schuss) realisiert werden, so wie es für die Exposition gegenüber Diagnosestrahlungen notwendig ist, wie es die

Experten des Zweiges in Bezug auf diese Beschreibung verstehen werden.

[0059] Auch wenn die vorliegende Erfindung in Bezug auf gewisse vorgezogene Realisierungsformen sehr detailliert erörtert wurde, sind andere Realisierungsformen möglich. Daher darf das Schutzzfeld der Patentansprüche in der Anlage nicht auf die Beschreibung der vorgezogenen Realisierungsformen begrenzt werden, die in diesem Dokument enthalten sind.

Patentansprüche

1. Vorrichtung (10) für die Ausrichtung eines Patienten, damit mehrere Radiationsstrahlen an ein Zielgewebe gesendet werden, die folgendes enthält: eine Liegefläche (12) des Patienten, die eine Schnittstelle enthält, um eine oder mehrere Vorrichtungen zur Registrierung und/oder Ruhigstellung des Patienten an der Liegefläche zu befestigen; ein Untersystem für die Grobausrichtung (14), das eine Hebesäule (18) enthält, ein System für die Erfassung der Position (30), um die Position der Vorrichtung zu berechnen, und eine Elektronik, um die Bewegung des Untersystems für die Grobausrichtung zu kontrollieren, das Untersystem für die Grobausrichtung (14) ist mit der Liegefläche (12) des Patienten verbunden, wo das Untersystem für die Grobausrichtung (14) grobe Bewegungen der Liegefläche des Patienten auslösen kann, die Verschiebungen unter oder gleich 2 Metern und Drehungen unter oder gleich etwa 60 Grad einschließen; ein Untersystem für die Feinausrichtung (16), das mit der Liegefläche (12) des Patienten verbunden ist, dieses Untersystem für die Feinausrichtung (16) ist für die Auslösung von feinen Bewegungen der Liegefläche (12) des Patienten konfiguriert, um alle anfänglichen Ausrichtungsfehler zu korrigieren und jede Biegung der Vorrichtung für die Sendung der Strahlen auszugleichen, das Untersystem für die Feinausrichtung (16) enthält eine Elektronik, um die Bewegung des Untersystems für die Feinausrichtung (16) zu kontrollieren, wo das Untersystem für die Feinausrichtung (16) feine Bewegungen der Liegefläche des Patienten auslösen kann, die Verschiebungen einer Größe von etwa 20 Millimetern mit einer Auflösung zwischen etwa 0,04 Millimetern und 0,1 Millimetern auf drei senkrechten Achsen und Nick- und Kippdrehungen einer Größe von etwa fünf Grad mit einer Auflösung von etwa 0,1 Grad und etwa 0,2 Grad einschließen, wo das Untersystem für die Feinausrichtung (16) dazu dient, folgendes auszuführen:

a) feine Bewegungen entlang einer x-Achse mit Verwendung eines Motors mit einem Getriebe (42) und einem Präzisionspotentiometer (48);

b) feine Bewegungen entlang einer y-Achse, die senkrecht zur x-Achse liegt, mit Verwendung eines Motors mit einem Getriebe (64) und einem Präzisionspotentiometer (70);

c) feine Kippbewegungen mit Verwendung eines linearen Triebes (72), eines oberen Teil des Tisches (74), der mit dem linearen Trieb (72) verbunden ist, eines Drehzentrums für den Kippwinkel (76), das mit dem oberen Teil des Tisches (74) verbunden ist, eines unteren Drehzentrums (78) für den Trieb (72) und eines oberen Drehzentrums (80) für den Trieb (72); und

d) feine Nickbewegungen mit Verwendung eines linearen Triebes (82), eines oberen Teils des Tisches (74), der mit dem linearen Trieb (82) verbunden ist, eines Drehzentrums für den Nickwinkel (84), das mit dem oberen Teil des Tisches (74) verbunden ist, eines unteren Drehzentrums (86) für den Trieb (72) und eines oberen Drehzentrums (88) für den Trieb (72).

Es folgen 13 Blatt Zeichnungen

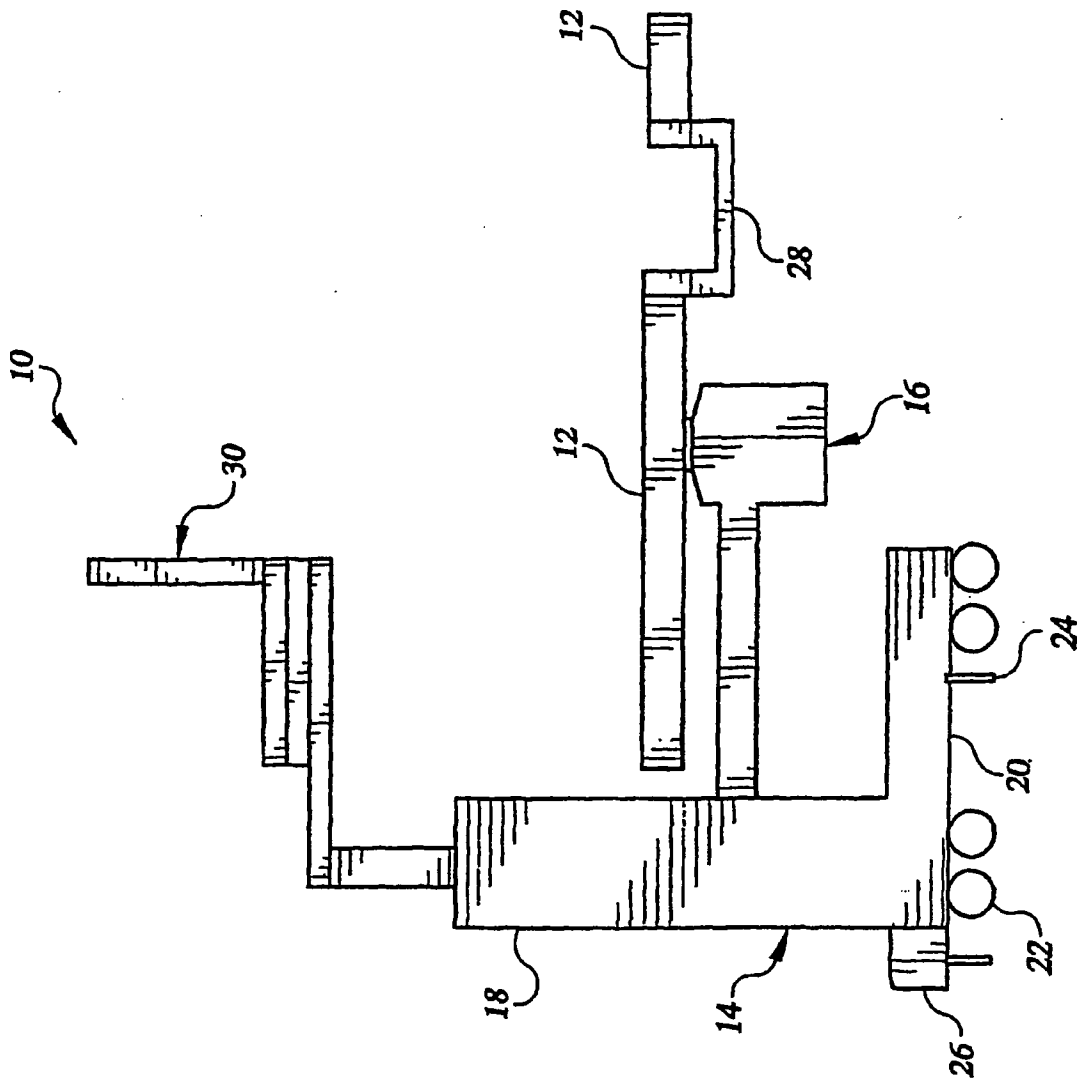


FIG. 1

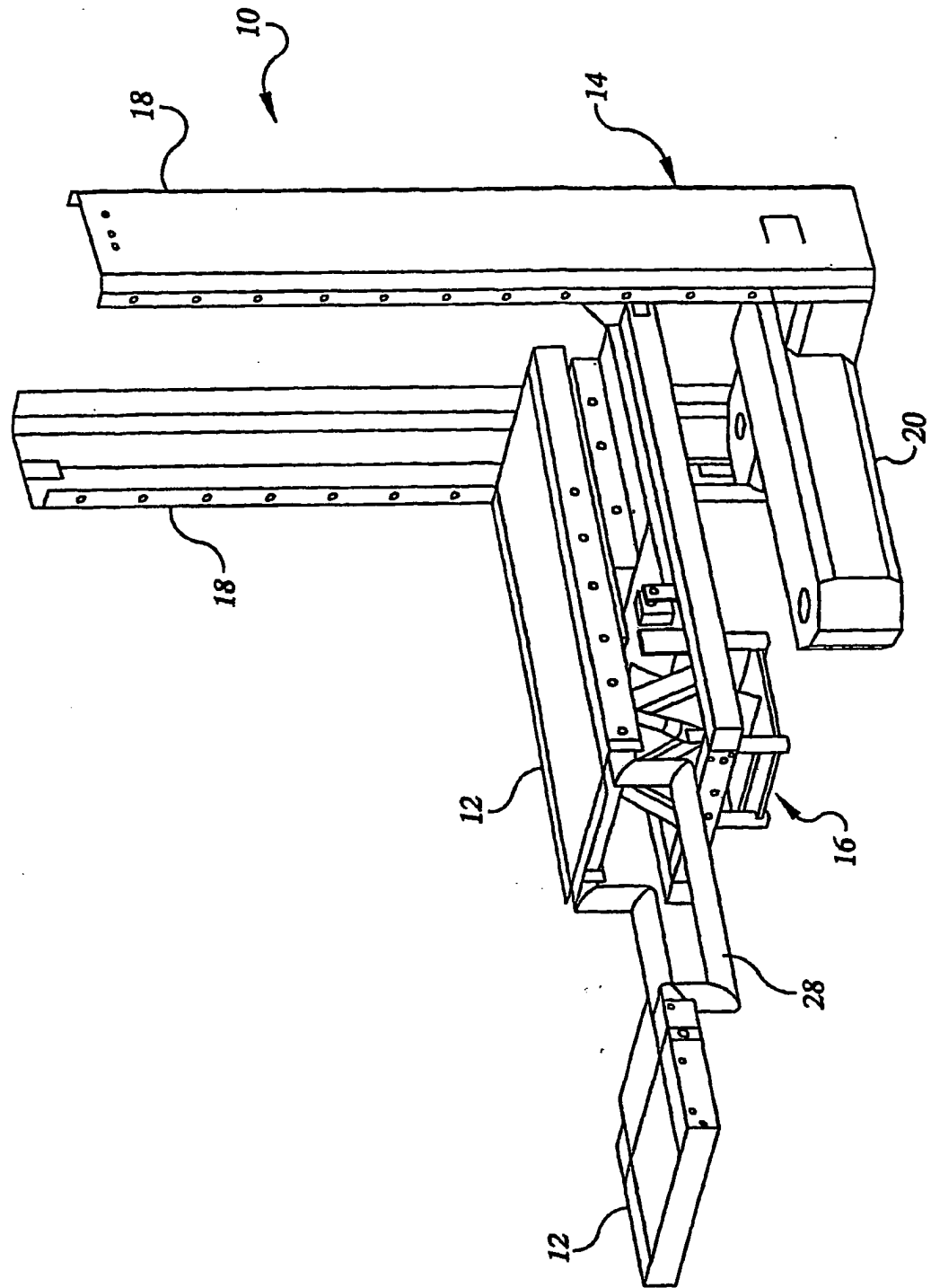


FIG.2

FIG.3

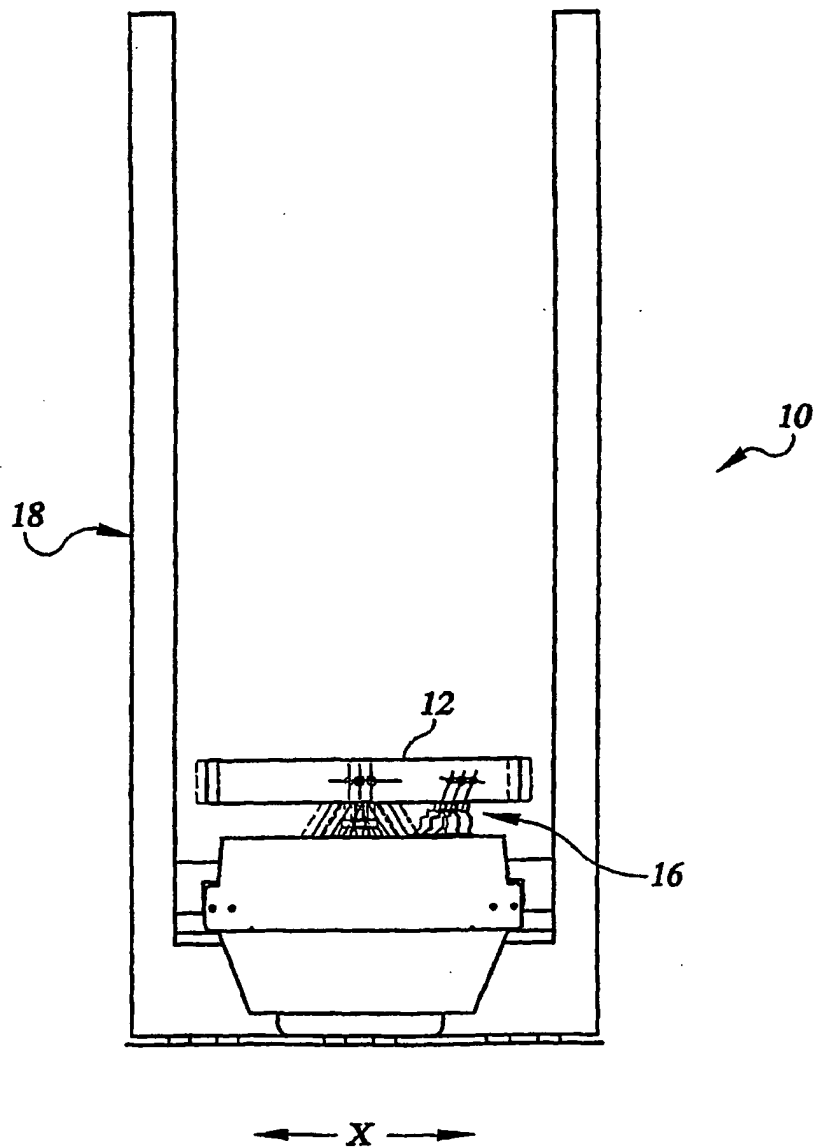


FIG.4

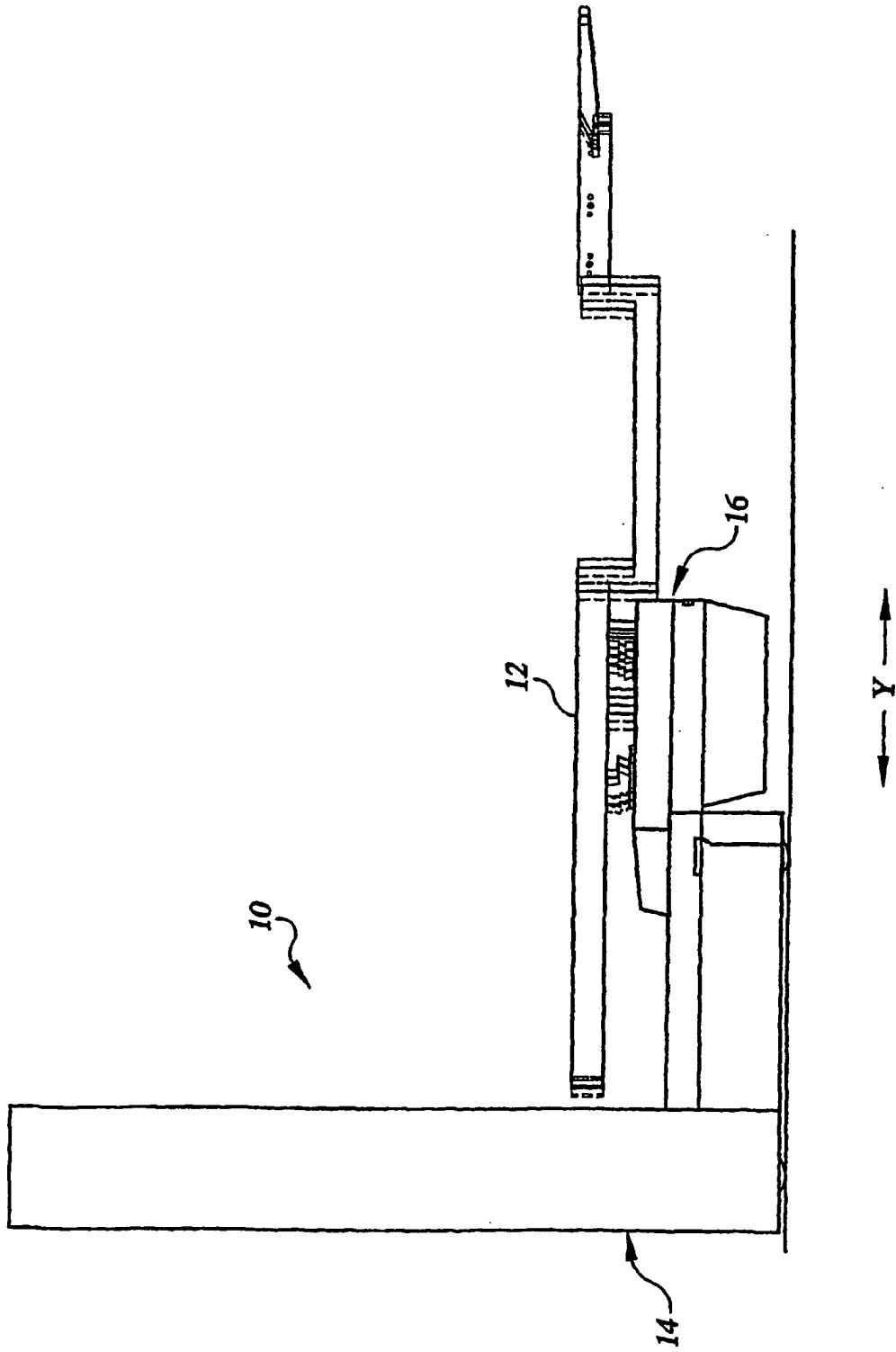


FIG.5

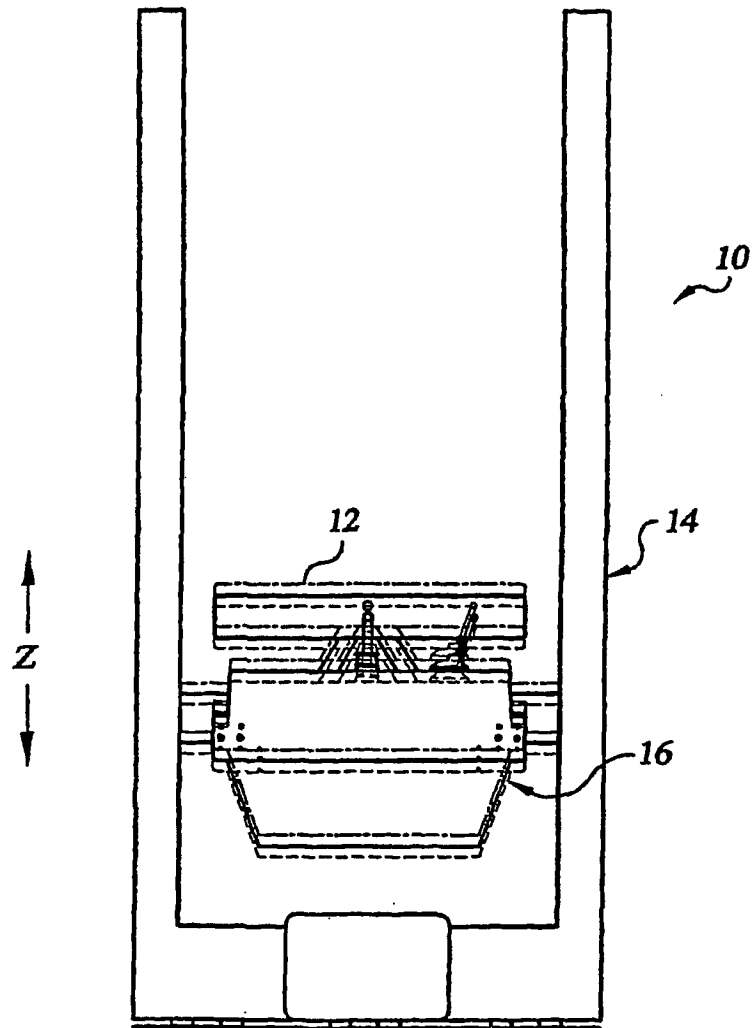
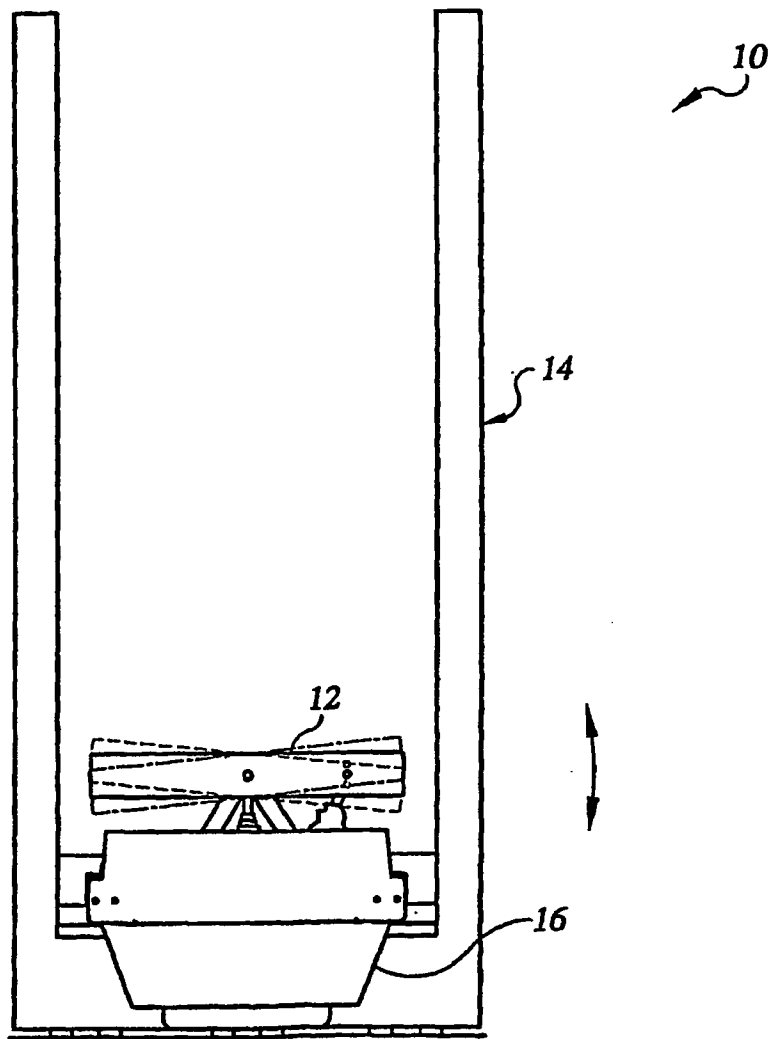


FIG.6



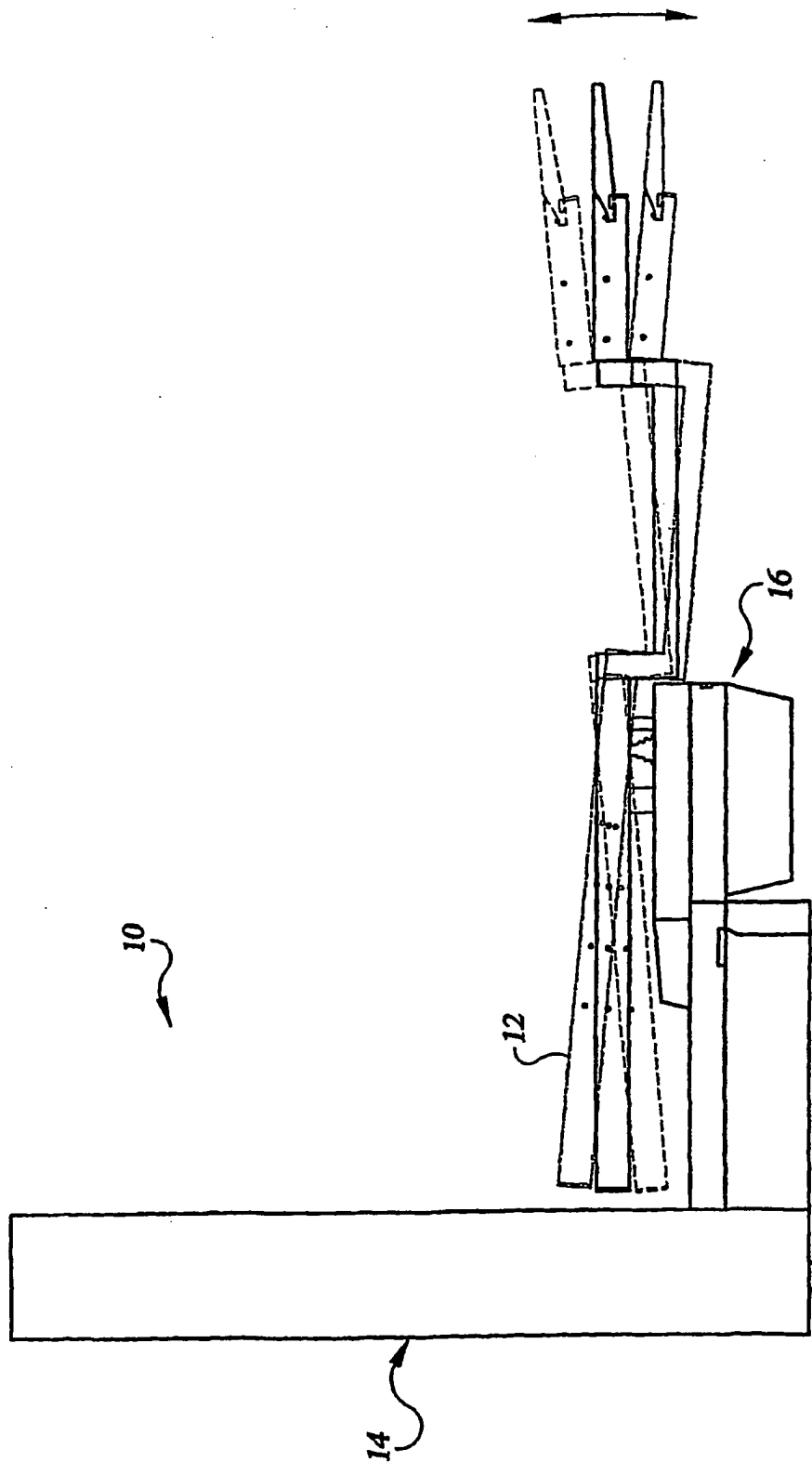


FIG. 7

FIG.8

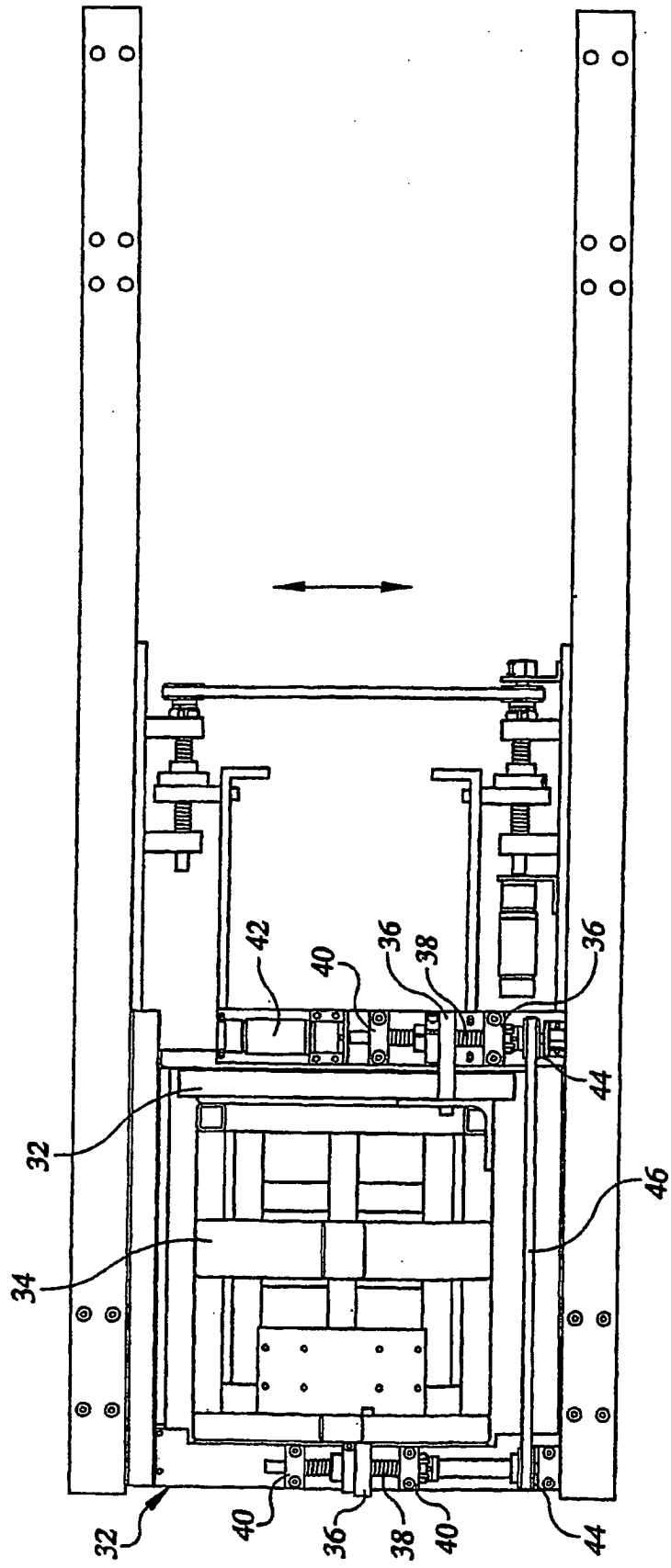
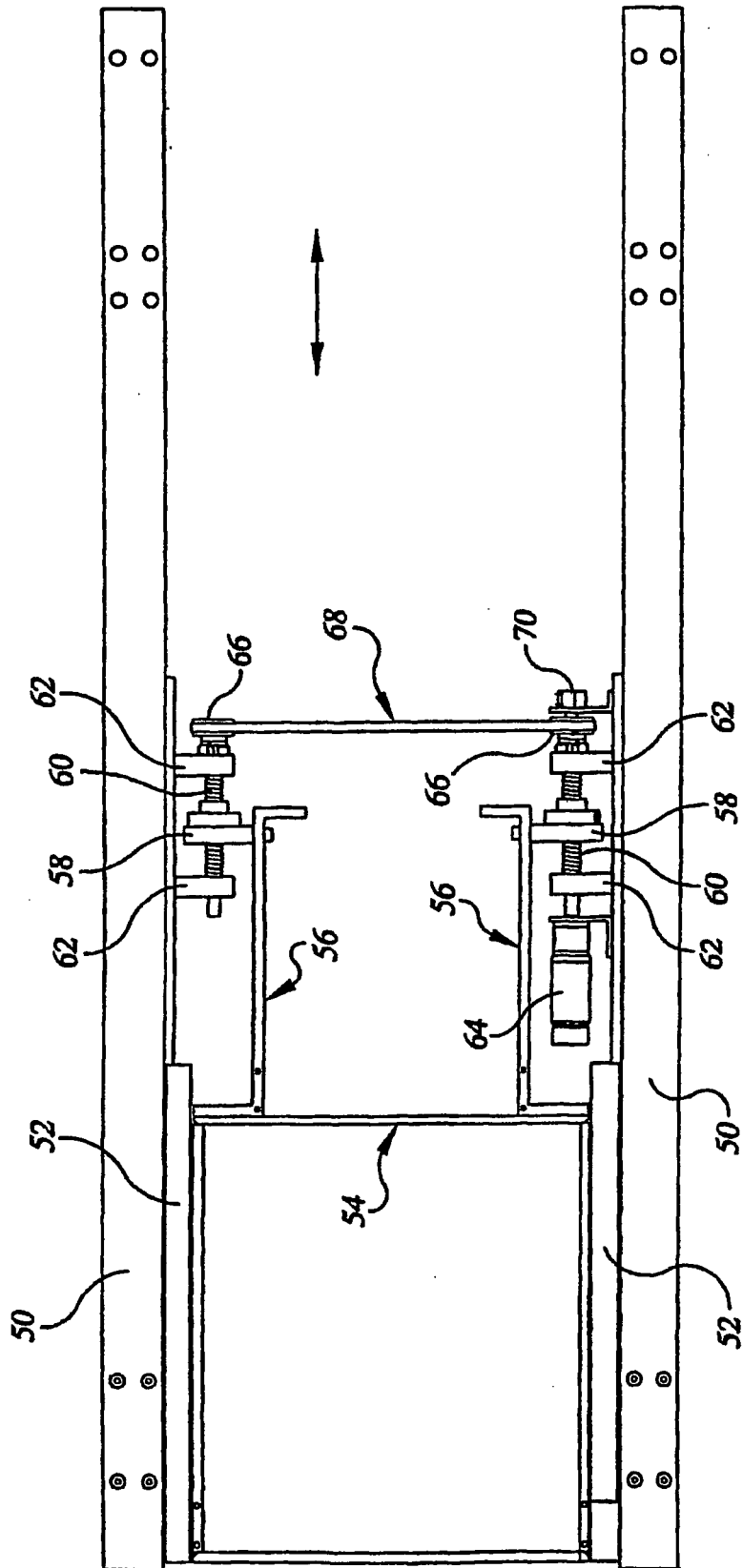


FIG.9



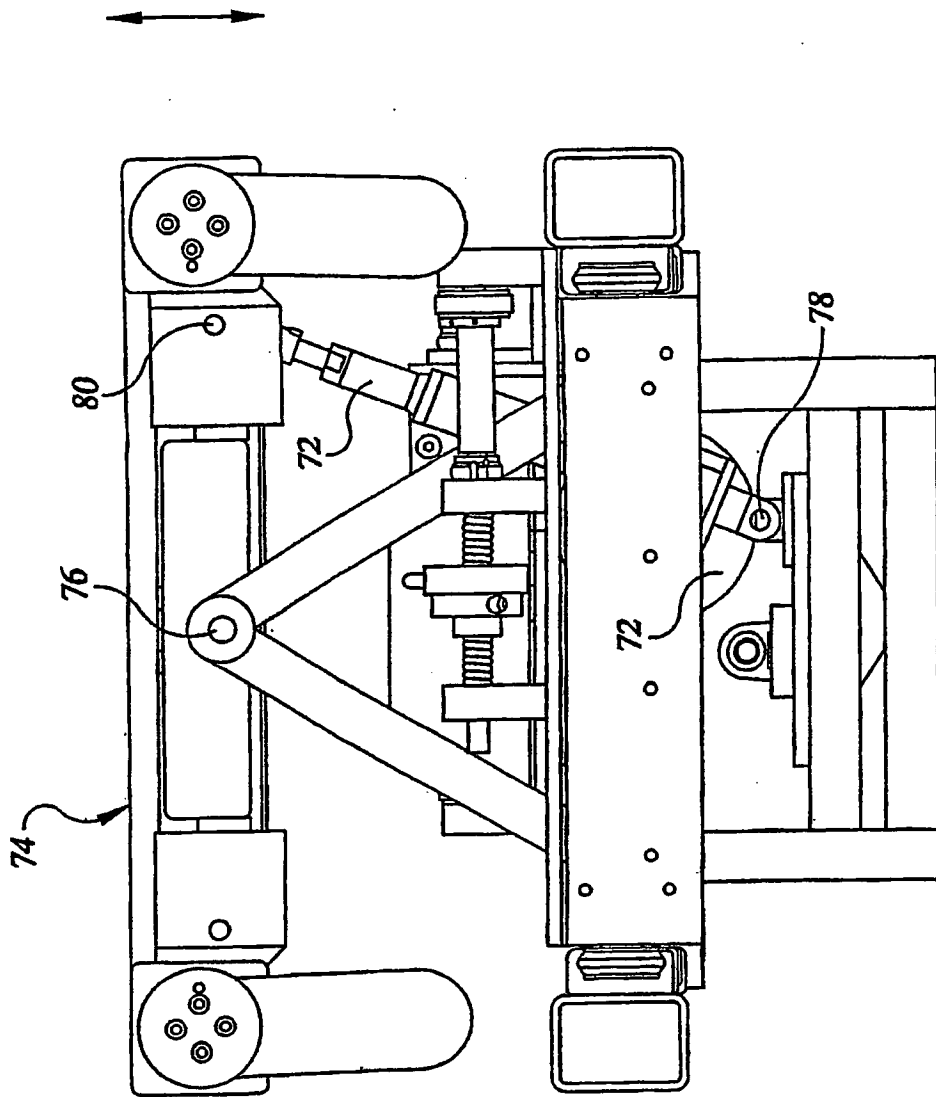


FIG.10

FIG. 11

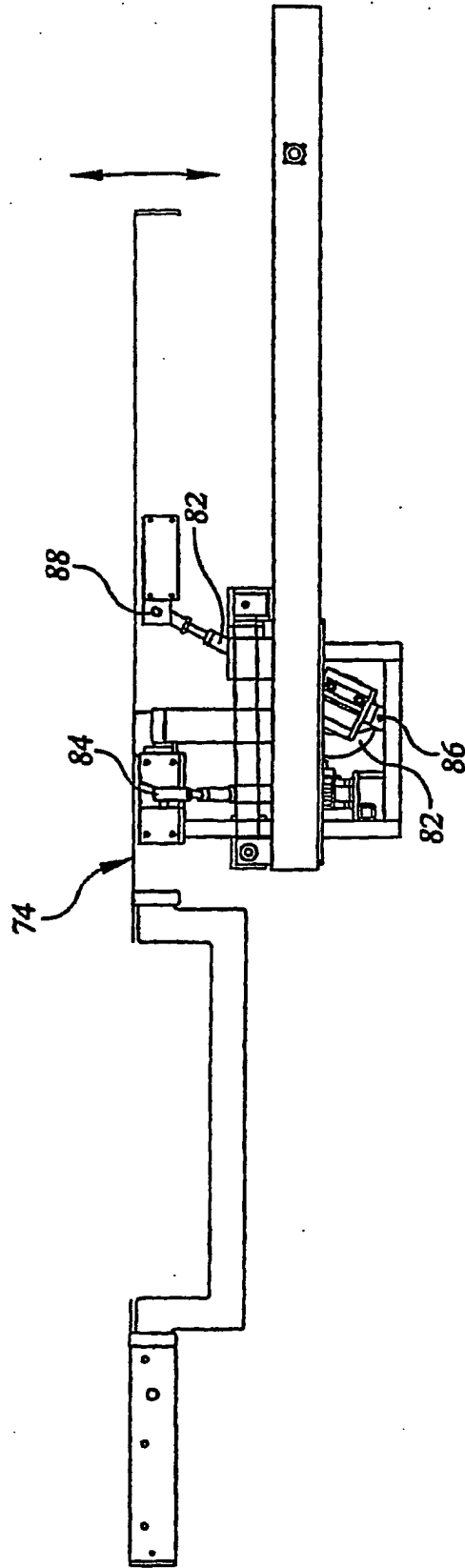


FIG.12

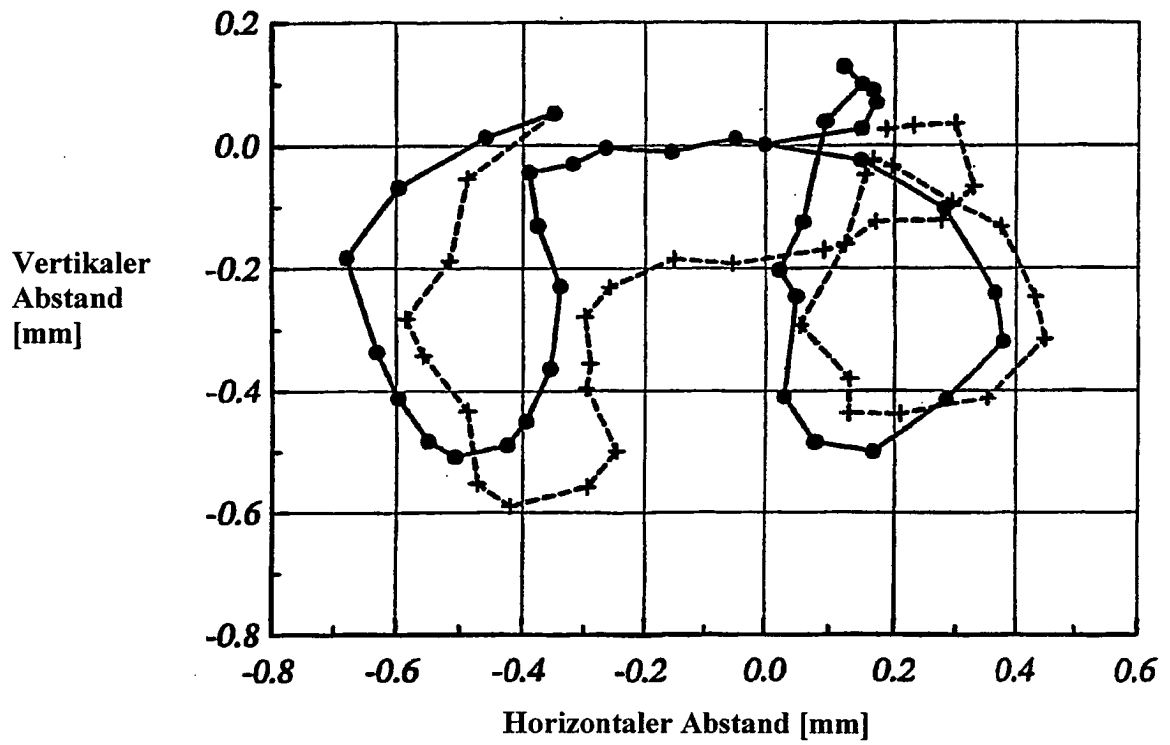


FIG.13

