



República Federativa do Brasil
Ministério do Desenvolvimento, Indústria
e do Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial.

(21) **PI 0713798-2 A2**

(22) Data de Depósito: 25/01/2007
(43) Data da Publicação: 06/11/2012
(RPI 2183)



(51) *Int.Cl.:*
G02B 6/36

(54) **Título:** ANALISADOR DE FEIXE DE RADIAÇÃO MODULAR

(30) **Prioridade Unionista:** 28/06/2006 US 11/427,197

(73) **Titular(es):** Daniel Navarro

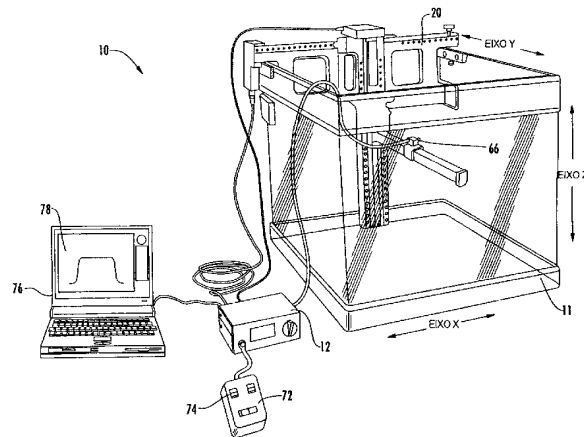
(72) **Inventor(es):** Daniel Navarro

(74) **Procurador(es):** Orlando de Souza

(86) **Pedido Internacional:** PCT US2007061013 de 25/01/2007

(87) **Publicação Internacional:** WO 2008/002689de 03/01/2008

(57) **Resumo:** ANALISADOR DE FEIXE DE RADIAÇÃO MODULAR. A presente invenção é um analisador de feixe de radiação modular para a medição da distribuição e da intensidade de radiação. Mais especificamente, a presente invenção é um dispositivo de varredura de radiação modular que inclui até três módulos. Pela seleção e pela montagem de um número predeterminado de módulos, um detector de radiação pode ser manipulado completamente através de três eixos geométricos, para varreduras de feixe de radiação, bem como varreduras diretas de Relação Máxima de Tecido (TMR) e/ou Relação Fantasma de Tecido (TPR).



ANALISADOR DE FEIXE DE RADIAÇÃO MODULAR**CAMPO DA INVENÇÃO**

Esta invenção se refere a um método e a um dispositivo para a medição da dose de radiação de um acelerador linear ou outro dispositivo de produção de radiação no alvo e, particularmente, refere-se ao uso de um detector de radiação móvel, usualmente uma câmara de íon.

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

Várias técnicas médicas bem conhecidas para o tratamento de malignidades envolvem o uso de radiação. Fontes de radiação, por exemplo, aceleradores lineares médicos, tipicamente são usadas para a geração de radiação para uma área alvo específica do corpo de um paciente. O uso de dosimetria apropriada assegura a aplicação de doses apropriadas de radiação às áreas malignas e é de importância capital. Quando aplicada, a radiação produz um efeito de ionização sobre o tecido maligno, desse modo destruindo as células malignas. Desde que a dosimetria de radiação aplicada seja apropriadamente monitorada, a malignidade pode ser tratada sem detrimento do tecido saudável circundante. Os aceleradores podem ser utilizados, cada um dos quais tendo características e níveis de saída variáveis. O tipo mais comum de acelerador produz uma radiação de pulso, onde a saída tem o formato de um feixe retangular com uma área de seção transversal a qual tipicamente está entre 16 e 1600 centímetros quadrados. Formatos retangulares ou quadrados freqüentemente são mudados para qualquer formato desejado usando-se materiais de chumbo ou de cerrobend moldados ou fundidos. Muitos aceleradores avançados usam colimadores de folha múltipla.

Outros aceleradores são contínuos ou não pulsados, tais como máquinas de radiação de cobalto; e aceleradores que utilizam um feixe de elétrons varrido, os quais varrem um feixe de elétrons muito estreito através do campo de tratamento, por meio da variação de campos eletromagnéticos.

Para garantir uma dosimetria apropriada, os aceleradores lineares usados para o tratamento de malignidades devem ser calibrados. A radiação de elétrons e de fótons deve ser apropriadamente medida e correlacionada ao dispositivo em particular. O praticante versado deve garantir que a intensidade e a duração do tratamento com radiação sejam cuidadosamente calculadas e administradas de modo a se produzir o resultado terapêutico desejado, enquanto se mantém a segurança do paciente. Parâmetros tais como planura, simetria, radiação e alinhamento de campo de luz tipicamente são determinados. O uso de radiação demais pode causar, de fato, efeitos colaterais e permitir que efeitos destrutivos ocorram no tecido circundante. O uso de uma quantidade insuficiente de radiação não administrará uma dose que seja efetiva para erradicação da malignidade. Assim, é importante ser capaz de determinar a quantidade exata de radiação que será produzida por uma máquina em particular e a maneira pela qual aquela radiação será distribuída dentro do corpo do paciente.

De modo a se produzir uma avaliação acurada da radiação recebida pelo paciente, na área alvo, algum tipo de padrão ou mapa da radiação em posições variáveis dentro do corpo do paciente deve ser produzido. Estes perfis correlacionam 1) a variação de dose com profundidade em

água gerando perfis de dose e profundidade percentuais e 2) a variação de dose através de um plano perpendicular à fonte de radiação gerando os perfis de feixe transversal. Estas medições em particular de perfis de feixe transversal são de preocupação em particular na presente invenção. Embora útil para outras análises, a variação da uniformidade de feixe dentro do campo de radiação tridimensional é a finalidade principal deste dispositivo.

Há companhias que provêem o serviço de calibração para hospitais e centros de tratamento. Estes técnicos devem visitar a instalação e conduzir a calibração da fonte de radiação com seu próprio equipamento. Isto requer dispositivos de medição de radiação de peso leve, facilmente portáteis, menos incômodos, que possam ser rapidamente montados e desmontados no local. A varredura real também deve ser expedita com os resultados disponíveis em um intervalo de tempo curto. Esse equipamento permite que um técnico seja mais eficiente e calibre mais dispositivos de radiação em um período de tempo mais curto.

Um sistema existente para medição da radiação que é produzido por aceleradores lineares médicos utiliza um tanque grande da ordem de 50 x 50 x 50 cm preenchido com água. Um grupo de motores controlados por computador move o detector de radiação através de uma série de etapas pré-programadas ao longo de um eixo geométrico único abaixo da superfície da água. Uma vez que a densidade do corpo humano se aproxima proximamente daquela da água, o tanque preenchido com água provê um meio apropriado para a criação de uma simulação da distribuição e da intensidade de radiação as quais provavelmente ocorreriam dentro do corpo

do paciente. O tanque mencionado anteriormente é comumente referido como um fantasma de água. A radiação produzida pelo acelerador linear será dirigida para a água no tanque fantasma, em cujo ponto a intensidade da radiação em profundidades variáveis e posições dentro do tanque pode ser medida com o detector de radiação. Conforme a radiação penetra na água, o feixe direto ou primário é dispersado pela água, muito da mesma forma como o feixe de radiação impingindo sobre o paciente humano. A radiação dispersada bem como a radiação primária são detectadas pela câmara de íon, a qual faz parte do detector de radiação.

A câmara de íon é essencialmente um capacitor de ar aberto o qual produz uma corrente elétrica que corresponde ao número de íons produzidos dentro de seu volume. O detector é abaixado para um ponto de medição dentro do tanque fantasma e medições são feitas por um período de tempo em particular. O detector então pode ser movido para um outro ponto de medição, onde as medições são feitas conforme o detector for mantido na segunda posição. Em cada ponto de medição, um número significativo estatisticamente de amostras é tomado, enquanto o detector é mantido estacionário.

DESCRIÇÃO DA TÉCNICA RELACIONADA

Vários dispositivos da técnica anterior são conhecidos para ensinarem sistemas para a avaliação da dosimetria adequada de um acelerador em particular juntamente com métodos para seu uso.

As Patentes U.S. N° 5.621.214 e 5.627.367 de Sofield são dirigidas a um sistema de scanner de feixe de radiação o qual emprega uma metodologia de detecção de pico. O

dispositivo inclui um eixo geométrico único montado em um fantasma de água. Em uso, o fantasma de água deve ser nivelado e um detector de referência permanece estacionário em algum ponto dentro do feixe, enquanto o detector de
5 sinal é movido para cima e para baixo ao longo do eixo geométrico único pelo uso de motores escalonados elétricos.

Embora estes dispositivos empreguem um fantasma de água, eles são limitados ao movimento do detector de sinal ao longo do eixo geométrico único e podem prover apenas uma
10 varredura plana do feixe.

A Publicação de Pedido de Patente U.S. 2006/0033044 A1 de Gentry et al. é dirigida a uma ferramenta de planejamento de tratamento para radioterapia com feixe de elétrons de energia múltipla. O sistema consiste em um
15 calculador independente que permite tratamentos de feixe de elétrons de energia múltipla com um equipamento de radioterapia de feixe de elétrons único padrão, desse modo provendo perfis de dose melhorados. Pelo emprego de perfis de profundidade - dose definidos por usuário, o calculador
20 pode trabalhar com uma ampla variedade de sistemas existentes de radioterapia de feixe de elétrons padronizados.

A Patente U.S. N° 6.225.622, emitida em 1° de maio de 2001 para Navarro, o inventor aqui, descreve um dispositivo
25 de medição de radiação dinâmico que move a câmara de íon através de um feixe de radiação estacionário para a acumulação de leituras de intensidade de radiação em vários pontos dentro da área do feixe. A exposição desta patente é incorporada aqui como referência.

30 A Patente U.S. N° 4.988.866 emitida em 29 de janeiro

de 1991 para Westerlund é dirigida a um dispositivo de medição para a checagem de campos de radiação a partir de máquinas de tratamento usadas para radioterapia. Este dispositivo compreende um bloco de medição que contém 5 detectores de radiação dispostos abaixo de uma placa de cobertura, e é provido com linhas de marcação de campo e um filtro de energia. Os detectores são conectados a uma unidade de leitura para processamento de sinal e apresentação de valores de medição. Os detectores de 10 calibração de monitoração de dose são fixados em um padrão geométrico em particular para a determinação da homogeneidade do campo de radiação. Em uso, o dispositivo de medição é capaz de checar simultaneamente a totalidade de radiação emitida por uma fonte de radiação única em 15 posições estacionárias dentro do bloco de medição.

A Publicação de Pedido de Patente U.S. 2005/0173548 A1 de Schmidt et al. é dirigida a um instrumento de calibração de modulação duplo sem fio para radiação terapêutica de alta energia. O aparelho inclui um alojamento com primeira 20 e segunda faces opostas mantendo um conjunto de detector entre as primeira e segunda faces. Um primeiro material de calibração para os elétrons é posicionado para interceptar elétrons passando através da primeira face para os detectores, e um segundo material de calibração para fótons 25 é posicionado para interceptar fótons passando através da segunda face para aqueles detectores.

Estes dispositivos não usam um fantasma de água e são adicionalmente limitados pelo fato de todos os detectores de ionização estarem em um plano. Isto não produz uma 30 avaliação tridimensional apropriada da combinação de

radiação de dispersão e direta, o que normalmente impingiria no corpo humano sofrendo um tratamento de radiação. Assim, uma dosimetria acurada em um cenário de vida real não poderia ser prontamente avaliada pelo uso
5 destes dispositivos.

A Patente U.S. N° 5.006.714 emitida em 9 de abril de 1991 para Attix utiliza um tipo em particular de sonda de dosimetria de cintilador, a qual não mede a radiação diretamente, mas, ao invés disso, mede a saída de luz
10 proporcional de uma fonte de radiação. A sonda é colocada em um material de polímero que se aproxima da água ou do tecido muscular em número atômico e densidade de elétrons. Attix indica que o uso de um detector como esse minimiza perturbações em um tanque de água fantasma.

15 Adicionalmente, há um aparelho denominado um navio em garrafa de Wellhofer, o qual utiliza um volume menor de água do que o fantasma de água convencional. O dispositivo de Wellhofer utiliza uma combinação de cinta e motor de sincronismo para movimento do detector através da água,
20 desse modo requerendo um longo tempo inicial de configuração.

Assim, existe uma necessidade de um dispositivo analisador de feixe de radiação modular. O dispositivo deve ser portátil e capaz de ser rapidamente montado para uso e
25 desmontado para transporte. O dispositivo também deve ser capaz de uma detecção repetida e acurada de componentes de radiação de dispersão e direta a partir de dispositivos de radiação ao longo de pelo menos dois e, mais preferencialmente, três eixos geométricos para varreduras
30 tridimensionais de feixes de radiação.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

A presente invenção é um analisador de feixe de radiação modular para medição da distribuição e da intensidade de radiação produzida por uma fonte de radiação. Mais especificamente, a presente invenção é um dispositivo de varredura de radiação modular que é capaz de mover um detector de radiação através de até três eixos geométricos para varreduras de fonte de radiação tridimensionais de precisão.

A presente invenção é baseada no princípio geral de varredura de uma área alvo simulada de radiação pelo uso de um detector de radiação afixado a uma plataforma modular móvel para o desenvolvimento de um gráfico uni, bi ou tridimensional da dosagem administrada.

O aparelho modular desta invenção pode ser usado em um fantasma de água ou com lajes ou pastilhas de água sólidas simulando aquela porção da área alvo a qual afeta o feixe de radiação. Portanto, o fantasma de água pode ser móvel ou imóvel com o detector dinâmico se movendo através do fantasma ou se movendo através do feixe de radiação portando o fantasma.

Em uma modalidade, a plataforma modular translada o detector em um fantasma de água. O uso do fantasma de água resulta na dispersão da radiação aplicada diretamente no tanque de água de uma maneira similar àquela que ocorre quando esta radiação direta impinge sobre o corpo humano sendo tratado.

Uma característica da invenção é a velocidade geral do processo de produção de um gráfico de dosagem de radiação; por exemplo, este aparelho modular pode ser montado e

desmontado em menos de 5 minutos. Cada eixo geométrico é construído e disposto para afixação a um eixo geométrico ortogonal com parafusos borboleta para facilidade e velocidade de montagem. Todos os três eixos geométricos
5 podem ser nivelados manualmente usando-se apenas dois parafusos de nivelamento. Alternativamente, o dispositivo pode ser nivelado eletronicamente, por meio do que o computador moverá o detector de radiação paralelo à superfície de água dentro do fantasma de água.

10 O controlador utilizado com a presente invenção permite um movimento em incrementos e/ou contínuo do detector de radiação. Além disso, o controlador permite que até 42000 amostras sejam feitas para cada "incremento" de movimento. O tamanho do incremento pode ser mudado
15 eletronicamente de 0,01 milímetro para 1 milímetro, dependendo da acurácia desejada. O dispositivo pode ser operado manualmente, através de um controle manual, ou, alternativamente, o controlador pode incluir um computador por meio do qual o campo de varredura pode ser pré-
20 programado. Após isso, a varredura será completada automaticamente.

Assim sendo, é um objetivo primário da presente invenção prover um aparelho modular portátil e facilmente montado para detecção e medição de radiação, o qual utiliza
25 uma configuração rápida e acurada e reduz significativamente o tempo de medição requerido pelos sistemas de varredura usados tradicionalmente.

É um outro objetivo da presente invenção prover um dispositivo de medição de radiação modular incluindo até
30 três eixos geométricos, cada um incluindo motores acionados

eletricamente e parafusos de avanço.

É ainda um outro objetivo da presente invenção prover uma plataforma tendo dois pontos de nivelamento para nivelamento dos eixos geométricos do aparelho com respeito
5 à superfície de água dentro do tanque fantasma de água.

É um objetivo adicional da presente invenção prover um sistema e um método para o nivelamento eletrônico dos movimentos do dispositivo.

É ainda um outro objetivo da presente invenção prover
10 um sistema e um método para travessia de um fantasma dinâmico através de um feixe de radiação para medição de radiação.

É ainda um outro objetivo da presente invenção prover um fantasma de água de formato único para medição direta de
15 radiação.

Outros objetivos e vantagens desta invenção tornar-se-ão evidentes a partir da descrição a seguir tomada em conjunto com quaisquer desenhos associados em que sejam estabelecidas, a título de ilustração e de exemplo, certas
20 modalidades desta invenção. Quaisquer desenhos contidos aqui constituem uma parte deste relatório descritivo e incluem modalidades de exemplo da presente invenção e ilustram vários objetivos e recursos da mesma.

BREVE DESCRIÇÃO DAS FIGURAS

25 A Fig. 1 é uma vista em perspectiva de topo de uma modalidade da presente invenção;

a Fig. 2 é uma vista dianteira de uma modalidade do trilho guia de eixo X da presente invenção;

a Fig. 3 é uma vista posterior de uma modalidade do
30 trilho guia de eixo X da presente invenção;

a Fig. 4 é uma vista inferior de uma modalidade do trilho guia de eixo X da presente invenção;

a Fig. 5 é uma vista dianteira de uma modalidade do trilho guia de eixo Z da presente invenção;

5 a Fig. 6 é uma vista posterior de uma modalidade do trilho guia de eixo Z da presente invenção;

a Fig. 7 é uma vista de lado esquerdo de uma modalidade do trilho guia de eixo Z da presente invenção;

10 a Fig. 8 é uma vista em perspectiva parcial de uma modalidade do trilho guia de eixo Z da presente invenção, ilustrando o carrinho, o terceiro parafuso de avanço e o eixo de transmissão da presente invenção;

a Fig. 9 é uma vista de topo do trilho guia de eixo Y da presente invenção;

15 a Fig. 10 é uma vista de lado direito do trilho guia de eixo Y mostrado na Fig. 9;

a Fig. 11 é uma vista final do trilho guia de eixo Y mostrado na Fig. 9;

20 a Fig. 12 é uma vista em perspectiva parcial do trilho guia de eixo Y mostrado na Fig. 9 ilustrando o carrinho de eixo Y;

a Fig. 13 é um gráfico que ilustra um método de nivelamento eletrônico do dispositivo de detecção de radiação da presente invenção;

25 a Fig. 14 é uma vista em perspectiva que ilustra os trilhos guias de eixos X, Y e Z acondicionados em um estojo de armazenamento para facilidade de transporte;

30 a Fig. 15 é uma vista em perspectiva que ilustra o trilho guia de eixo X da presente invenção em combinação com um tanque de formato trapezoidal para medição direta da

Relação Máxima de Tecido e/ou da Relação Fantasma de Tecido;

a Fig. 16 é uma vista em perspectiva que ilustra a operação da modalidade mostrada na Fig. 15;

5 a Fig. 17 é uma vista em perspectiva que ilustra o eixo X e o eixo Z sendo usados em combinação com um fantasma dinâmico.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

Com referência às Fig. 1 e 14, o analisador de feixe
10 de radiação modular 10 para medição da distribuição e da intensidade de radiação produzida por uma fonte de radiação é ilustrado. O analisador de feixe de radiação 10 geralmente contém um tanque fantasma 11 construído e disposto para conter um material tendo uma densidade que se
15 aproxima daquela de um corpo humano. Em geral, o tanque fantasma é dimensionado para acomodar um módulo de eixo X 20, um módulo de eixo Y 60 e um módulo de eixo Z 32 do analisador de feixe de radiação. A base e as paredes do tanque podem ser construídas de acrílico ou de um outro
20 material adequado. Quando preenchido com água, o tanque 11 serve como um fantasma de água simulando o corpo de um paciente passando por um tratamento com radiação. Os módulos independentes de eixo X, eixo Y e eixo Z são construídos e dispostos para se adaptarem organizadamente
25 em um estojo de transporte 102 para facilidade de transporte. Cada eixo geométrico também é construído e disposto para operação independente com respeito aos outros eixos geométricos. Desta maneira, o número desejado de eixos geométricos pode ser rapidamente em conjunto em uma
30 localização desejada e medições de radiação podem ser

rapidamente feitas com a montagem predeterminada.

Com referência às Fig. 1 a 4, o módulo de eixo X 20 inclui um trilho de guia de eixo X 21 (Fig. 2 a 4) que se estende substancialmente através da porção superior do tanque fantasma 11. O trilho de guia de eixo X inclui um carrinho de eixo X 22A e 22B preso de forma deslizante ao trilho de guia de eixo X 21 para um movimento controlado ao longo do comprimento do mesmo. Na modalidade preferida, o trilho de guia de eixo X 21 inclui um primeiro parafuso de avanço 24 montado de forma rotativa ali. O primeiro parafuso de avanço 24 é operativamente conectado ao carrinho de eixo X 22A para a provisão de um movimento linear para ele durante uma rotação do primeiro parafuso de avanço. Um primeiro motor escalonado 26 é operativamente conectado ao primeiro parafuso de avanço para uma rotação bidirecional controlada do mesmo. Em uma modalidade, o motor escalonado é conectado ao primeiro parafuso de avanço com engrenagens, correntes, cabos ou combinações adequadas dos mesmos, sem se desviar do escopo da invenção. O primeiro motor escalonado 26 está em comunicação elétrica com o controlador 12 para a provisão de comandos elétricos para ele, e, se necessário, para o recebimento de um retorno do primeiro motor escalonado. Também são presos ao trilho de guia de eixo X dois parafusos de nivelamento 28 e 30. O parafuso de nivelamento 28 coopera com uma superfície superior do tanque para a provisão de um nivelamento de todos os três eixos geométricos em um plano, enquanto o parafuso de nivelamento 30 coopera com uma superfície interna do tanque para a provisão de um nivelamento de todos os três eixos geométricos em um segundo plano. Desta

maneira, todos os três eixos geométricos podem ser nivelados com apenas dois parafusos de nivelamento.

Com referência às Fig. 5 a 8, o módulo de eixo Z 32 é ilustrado, o módulo de eixo Z é preso ao carrinho de eixo X 22A e 22B através de parafusos borboleta 34 para movimento com ele. Um carrinho de eixo Z 36 é preso de forma deslizante ao trilho de guia de eixo Z 38 para um movimento controlado ao longo do comprimento do mesmo. O trilho de guia de eixo Z 38 inclui um terceiro parafuso de avanço montado de forma rotativa nele. O terceiro parafuso de avanço 40 é operativamente conectado ao carrinho de eixo Z 36 para a provisão de um movimento linear a ele durante uma rotação do terceiro parafuso de avanço. Um terceiro motor escalonado 42 é operativamente conectado ao terceiro parafuso de avanço 40 para uma rotação bidirecional controlada do mesmo. Em uma modalidade, o motor escalonado 42 é conectado ao terceiro parafuso de avanço 40 através de uma cinta de sincronismo com transmissão (não mostrada). Alternativamente, o motor escalonado 42 pode ser conectado ao primeiro parafuso de avanço com engrenagens, correntes, cabos ou combinações adequadas dos mesmos, sem se desviar do escopo da invenção. O terceiro motor escalonado 42 está em comunicação elétrica com o controlador 12 (Fig. 1) para provisão de comandos elétricos para ele e, se necessário, para o recebimento de um retorno do terceiro motor escalonado 42. O trilho de guia de eixo Z também inclui um eixo de transmissão 44 preso de forma rotativa a ele. O eixo de transmissão é operativamente conectado a um segundo motor escalonado 46 para rotação bidirecional seletiva do mesmo. O segundo motor escalonado está em comunicação

elétrica com o controlador 12 (Fig. 1). O eixo de transmissão é construído e disposto para incluir pelo menos uma e, preferencialmente, uma pluralidade de estrias 48 se estendendo substancialmente ao longo do comprimento do mesmo. É montada de forma deslizante no eixo de transmissão uma primeira engrenagem biselada 50. A engrenagem biselada 50 é presa ao carrinho de eixo Z 36, de modo que ela se mova com ele. O carrinho de eixo Z é provido com uma abertura 52 posicionada para permitir que uma segunda engrenagem biselada 54 (Fig. 11), presa ao parafuso de avanço de eixo Y 56, encaixe-se na primeira engrenagem biselada 50, quando o eixo Y 60 (Fig. 9) for preso ao eixo Z 32. Desta maneira, o segundo motor escalonado 46 provê uma rotação para o eixo de transmissão 44 e a mesma rotação ou uma similar é transferida através das engrenagens biseladas para o parafuso de avanço de eixo Y por toda a faixa de movimento do carrinho de eixo Z 36, para causar um movimento do carrinho de eixo Y.

Com referência às Fig. 9 a 12, o módulo de eixo Y 60 é ilustrado. O módulo de eixo Y inclui um trilho guia de eixo Y 62. O trilho guia de eixo Y é preso ao carrinho de eixo Z 36, através de parafusos borboleta 34, para movimento com ele. Um carrinho de eixo Y 64 é preso de forma deslizante ao trilho guia de eixo Y 62 para um movimento controlado ao longo do comprimento do mesmo. Pelo menos uma sonda de detecção de radiação 66 (Fig. 1) é presa ao carrinho de eixo Y, através do parafuso borboleta 68 para movimento com ele. A sonda de detecção de radiação preferencialmente é uma câmara de íon, embora deva ser notado que outras sondas de detecção de radiação, tais como, mas não limitado a

diodos e similares, possam ser utilizadas, sem se desviar do escopo da invenção. A sonda de detecção de radiação é eletricamente conectada ao controlador 12, conforme é bem conhecido na técnica. O trilho guia de eixo Y 62 inclui um
5 segundo parafuso de avanço 56 montado de forma rotativa nele. O segundo parafuso de avanço é operativamente conectado ao carrinho de eixo Y 64 para a provisão de um movimento linear para ele durante uma rotação do segundo parafuso de avanço.

10 Com referência às Fig. 1 a 12, deve ser notado que os módulos de eixos X, Y e Z preferencialmente são construídos de alumínio tendo uma superfície anodizada rígida para controle de oxidação, propriedades de desgaste e aparência. Contudo, deve ser notado que outros materiais bem
15 conhecidos na técnica adequados para a construção dos trilhos guias, carrinhos e parafusos de avanço poderiam ser utilizados, sem que se desviasse do escopo da invenção. Esses materiais podem incluir, mas não devem ser limitados a metais, plásticos e compósitos adequados. Deve ser
20 notado, também, que embora motores escalonados sejam a modalidade preferida para rotação dos parafusos de avanço, outros motores elétricos tais como servomotores e similares adequados para a provisão de uma rotação controlada suave e/ou um retorno para o controlador podem ser utilizados,
25 sem que se desvie do escopo da invenção.

Com referência à Fig. 1, o analisador de feixe de radiação é ilustrado. O controlador inclui um controle manual 72 que tem pelo menos um membro operável manualmente
74, por exemplo, um comutador para a instrução de uma
30 entrada de uma direção desejada para um movimento

controlado manualmente de um carrinho de eixo geométrico determinado por operador. Na modalidade preferida, o controlador inclui um computador 76 eletricamente conectado a ele para um controle operacional dos movimentos de eixos geométricos, por meio do que o computador é construído e disposto para aceitar comandos de um operador para se causar um movimento da sonda de detecção de radiação sob um controle por computador por todo um campo predeterminado em um espaço bi ou tridimensional. Em resposta às medições de radiação feitas, o computador é construído e disposto para produzir uma representação gráfica 78 da densidade registrada e da distribuição do feixe de radiação associado à varredura.

Com referência à Fig. 13, uma representação gráfica de um método de nivelamento eletrônico é ilustrada. Nesta modalidade, o computador é construído e disposto para permitir um nivelamento eletrônico dos eixos geométricos com respeito à superfície de topo da água dentro do tanque fantasma. Para se completar o nivelamento eletrônico, uma varredura tendo um perfil grande, tal como de 30 cm x 30 cm, é tomada em uma profundidade próxima da superfície da água representada pela linha 80. A primeira varredura é feita preferencialmente a uma profundidade referida na técnica como D_{max} , ou a profundidade na qual a radiação está no nível mais alto dentro do tanque fantasma. Então, uma segunda varredura do mesmo tamanho de campo é feita a uma profundidade próxima do fundo do tanque fantasma, de em torno de 30 cm, representada pela linha 82. O centro do campo de radiação é encontrado para cada varredura 80 e 82. Uma linha teórica, representada pela linha 84, é desenhada

através dos centros de campo. Devido a variações na profundidade de água resultarem em variações na intensidade de radiação, a linha 84 será substancialmente perpendicular com respeito à superfície superior da água. O computador
5 inclui um algoritmo que utiliza a linha 84 para a criação de um plano de datum substancialmente paralelo com respeito à superfície superior da água. Após isso, o computador pode manipular o movimento dos eixos geométricos para manutenção da sonda em um curso paralelo com respeito ao plano de
10 datum e, assim, à superfície superior da água.

Com referência às Fig. 15 e 16, um método alternativo de utilização do módulo de eixo X para uma medição direta da Relação Máxima de Tecido (TMR) e/ou da Relação Fantasma (TPR) é ilustrado. Nesta modalidade, o módulo de eixo X
15 é preso a um membro de base 86 orientado a 90 graus a partir da vertical, conforme mostrado na Fig. 1. Um tanque de água trapezoidal 88 é preso aos carrinhos 22A e 22B do trilho de guia de eixo X 21 para movimento com ele. O tanque de formato trapezoidal tem uma base 90 e paredes
20 planas verticais em um formato trapezoidal com uma parede curta 92, uma parede longa oposta 94 e duas paredes laterais opostas de conexão 96. A base e as paredes do tanque podem ser construídas de acrílico ou de um outro material adequado. A sonda de detecção de radiação 66 é
25 presa em uma posição fixa com um acessório de sonda adequado 100. Quando preenchido com água, o tanque 8 serve como um fantasma de água simulando o corpo de um paciente passando por um tratamento com radiação. O formato trapezoidal reduz a quantidade de água necessária para a
30 calibração e elimina a necessidade de uma bomba de água

para e a partir do tanque, conforme requerido pela técnica anterior. Em operação, a profundidade do fantasma de água não é afetada, mas o feixe de radiação pode ser orientado a 90 graus a partir da vertical, conforme mostrado na Fig. 5 16, e a parede curta 92 posicionada próximo da fonte de radiação 98, o que alinha com as dimensões horizontais do fantasma de água com a dispersão de alargamento do feixe. O tanque é atravessado ao longo do trilho de guia de eixo X em direção à fonte de radiação e medições de nível de 10 radiação são feitas. A duração do processo leva em torno de 1 minuto.

Com referência à Fig. 17, um método alternativo de utilização do módulo de eixo X e do módulo de eixo Y em combinação com um fantasma dinâmico é ilustrado. Nesta 15 modalidade, o módulo de eixo X 20 é preso a um membro de base 86 orientado a 90 graus a partir da vertical, conforme ilustrado na Fig. 1. O módulo de eixo Z 32 é preso ao módulo de eixo X 20 para um movimento bidimensional de um fantasma dinâmico 104. Em operação, o fantasma dinâmico é 20 movido completamente nos dois eixos geométricos e medições de nível de radiação são feitas. A duração do processo leva em torno de 1 minuto. Uma descrição mais detalhada de fantasmas dinâmicos e de suas aplicações pode ser encontrada na Patente U.S. N° 6.255.622, emitida para o 25 presente inventor, cujo conteúdo é incorporado aqui em sua totalidade.

Todas as patentes e publicações mencionadas neste relatório descritivo são indicativas dos níveis daqueles versados na técnica à qual a invenção se refere. Todas as 30 patentes e publicações são incorporadas aqui como

referência até a mesma extensão como se cada publicação individual fosse específica e individualmente indicada para ser incorporada como referência.

É para ser entendido que, embora uma certa forma da invenção seja ilustrada, ela não está limitada à forma específica ou ao arranjo descrito e mostrado aqui. Será evidente para aqueles versados na técnica que várias mudanças podem ser feitas, sem que se desvie do escopo da invenção, e a invenção não é para ser considerada limitada ao que é mostrado e descrito no relatório descritivo e em quaisquer desenhos / figuras incluídos aqui.

Alguém versado na técnica prontamente apreciará que a presente invenção é bem adaptada para a realização dos objetivos e para a obtenção das finalidades e das vantagens mencionadas, bem como aquelas inerentes aqui. As modalidades, os métodos, os procedimentos e as técnicas descritos aqui são presentemente representativos das modalidades preferidas, são pretendidos para serem de exemplo e não são pretendidos como limitações ao escopo. As mudanças ali e outros usos ocorrerão àqueles versados na técnica, os quais estão englobados no espírito da invenção e são definidos pelo escopo das reivindicações em apenso. Embora a invenção tenha sido descrita em relação a modalidades preferidas específicas, deve ser entendido que a invenção conforme reivindicado não deve ser limitada indevidamente a tais modalidades específicas. De fato, pretende-se que várias modificações dos modos descritos para a realização da invenção, as quais são óbvias para aqueles versados na técnica, estejam no escopo das reivindicações a seguir.

REIVINDICAÇÕES

1. Analisador de feixe de radiação modular para medição da distribuição e da intensidade de radiação produzida por uma fonte de radiação, caracterizado pelo

5 fato de compreender:

um fantasma de água construído e disposto para conter um material tendo uma densidade que se aproxima daquela de um corpo humano, o referido fantasma de água dimensionado para acomodar um módulo de eixo X, um módulo de eixo Y e um
10 módulo de eixo Z do referido analisador de feixe de radiação;

o referido módulo de eixo X incluindo um trilho de guia de eixo X substancialmente através de uma porção superior do referido fantasma de água, incluindo um
15 carrinho de eixo X preso de forma deslizante ao referido trilho guia de eixo Y para um movimento controlado ao longo do comprimento do mesmo;

o referido módulo de eixo Z incluindo um trilho de guia de eixo Z, o referido trilho de guia de eixo Z preso
20 ao referido carrinho de eixo X para movimento com ele, incluindo um carrinho de eixo Z preso de forma deslizante ao referido trilho de guia de eixo Z para um movimento controlado ao longo do comprimento do mesmo;

o referido módulo de eixo Y incluindo um membro de
25 feixe de eixo Y, o referido membro de feixe de eixo Y preso ao referido carrinho de eixo Z para movimento com ele;

pelo menos uma sonda de detecção de radiação presa ao referido membro de feixe de eixo Y, a referida sonda de
30 detecção de radiação construída e disposta para a detecção de fótons e elétrons;

um controlador eletricamente conectado ao referido eixo X e ao referido eixo Z para a provisão de sinais elétricos para eles, por meio do que o referido controlador inclui um membro operável manualmente para instrução de uma
5 entrada de uma direção desejada de uma direção desejada para um movimento controlado manualmente dos referidos carrinhos de eixos X e Z, por meio do que um movimento da referida sonda de dosimetria através de um espaço volumétrico provê dados para a determinação da densidade de
10 radiação e da distribuição de um feixe de radiação.

2. Analisador de feixe de radiação modular, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de o referido membro de feixe de eixo Y ser construído e disposto para um posicionamento manual infinito da referida
15 sonda de dosimetria ao longo do comprimento do referido membro de feixe de eixo Y.

3. Analisador de feixe de radiação modular, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de o referido trilho de guia de eixo X incluir um primeiro
20 parafuso de avanço montado de forma rotativa nele, o referido primeiro parafuso de avanço operativamente conectado ao referido carrinho de eixo X para a provisão de um movimento linear para ele durante uma rotação do referido primeiro parafuso de avanço, um primeiro motor
25 escalonado operativamente conectado ao referido primeiro parafuso de avanço para uma rotação bidirecional controlada do mesmo, o referido primeiro motor escalonado em comunicação elétrica com o referido controlador;

Onde o referido trilho de guia de eixo Z inclui um
30 terceiro parafuso de avanço montado de forma rotativa nele,

o referido terceiro parafuso de avanço operativamente conectado ao referido carrinho de eixo Z para a provisão de um movimento linear para ele durante uma rotação do referido terceiro parafuso de avanço, um terceiro motor escalonado operativamente conectado ao referido terceiro parafuso de avanço para uma rotação bidirecional controlada do mesmo, o referido terceiro motor escalonado em comunicação elétrica com o referido controlador.

4. Analisador de feixe de radiação modular, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de o referido eixo Y incluir um trilho de guia de eixo Y, o referido trilho de guia de eixo Y preso ao referido carrinho de eixo Z para movimento com ele, um carrinho de eixo Y preso de forma deslizante ao referido trilho de guia de eixo Y para um movimento controlado ao longo do comprimento do mesmo, pelo menos uma referida sonda de dosimetria presa ao referido carrinho de eixo Y para movimento com ele, onde o referido controlador é eletricamente conectado ao referido eixo Y para a provisão de sinais elétricos para ele, por meio do que o referido controlador inclui um membro operável manualmente para instrução de uma entrada de uma direção desejada para um movimento controlado manualmente do referido carrinho de eixo Y, por meio do que um movimento da referida sonda de dosimetria através de um espaço volumétrico tridimensional provê dados para a determinação de uma densidade de radiação e uma distribuição.

5. Analisador de feixe de radiação modular, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de:

o referido trilho de guia de eixo Y incluir um segundo

parafuso de avanço montado de forma rotativa nele, o referido segundo parafuso de avanço operativamente conectado ao referido carrinho de eixo Y para a provisão de um movimento linear a ele durante uma rotação do referido
5 segundo parafuso de avanço, um segundo motor escalonado operativamente conectado ao referido segundo parafuso de avanço para uma rotação bidirecional controlada com ele, o referido segundo motor escalonado em comunicação elétrica com o referido controlador.

10 6. Analisador de feixe de radiação modular, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de:

o referido trilho de guia de eixo Z incluir um eixo de transmissão preso de forma rotativa nele, o referido eixo de transmissão operativamente conectado a um segundo motor
15 escalonado para uma rotação bidirecional seletiva do mesmo, o referido segundo motor escalonado em comunicação elétrica com o referido controlador, o referido eixo de transmissão operativamente conectado ao referido segundo parafuso de avanço para a provisão de um movimento de rotação para ele,
20 por meio do que uma rotação do referido eixo de transmissão causa uma rotação do referido segundo parafuso de avanço para causar um movimento do referido carrinho de eixo Y.

7. Analisador de feixe de radiação modular, de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de o
25 referido eixo de transmissão incluir pelo menos uma estria que se estende substancialmente ao longo do comprimento do mesmo, uma primeira engrenagem biselada montada de forma deslizante no referido eixo de transmissão para um movimento com o referido carrinho de eixo Z, por meio do
30 que a referida primeira engrenagem biselada é construída e

disposta para operativamente se encaixar no referido segundo parafuso de avanço.

8. Analisador de feixe de radiação modular, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de o referido controlador incluir um computador para controle operacional do referido primeiro motor escalonado e do referido terceiro motor escalonado, por meio do que o referido computador é construído e disposto para aceitar comandos de um operador para se causar um movimento da referida sonda de dosimetria sob um controle em computador por todo um campo predeterminado dentro do referido espaço bidimensional.

9. Analisador de feixe de radiação modular, de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de o referido computador ser construído e disposto para medir e registrar a posição relativa da referida sonda de dosimetria, bem como a referida densidade e a distribuição do referido feixe de radiação associado à referida posição relativa.

10. Analisador de feixe de radiação modular, de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de o referido computador ser construído e disposto para produzir uma representação gráfica da referida densidade e da distribuição registradas do referido feixe de radiação associado à referida posição relativa.

11. Analisador de feixe de radiação modular, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de a referida sonda de dosimetria ser uma câmara de íon.

12. Analisador de feixe de radiação modular, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de o

referido feixe de radiação ser gerado por um acelerador linear.

13. Analisador de feixe de radiação modular, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de o
5 referido feixe de radiação ser gerado por uma máquina de radiação de cobalto.

14. Analisador de feixe de radiação modular, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de o
10 referido controlador incluir um computador para um controle operacional do referido primeiro motor escalonado, do referido segundo motor escalonado e do referido terceiro motor escalonado, por meio do que o referido computador é
15 construído e disposto para aceitar comandos de um operador para causar um movimento da referida sonda de dosimetria sob um controle por computador por todo um campo
predeterminado dentro do referido espaço tridimensional.

15. Analisador de feixe de radiação modular, de acordo com a reivindicação 14, caracterizado pelo fato de o
20 referido computador ser construído e disposto para medir e registrar a posição relativa da referida sonda de dosimetria, bem como a referida densidade e a distribuição do referido feixe de radiação associado à referida posição
relativa.

16. Analisador de feixe de radiação modular, de acordo com a reivindicação 15, caracterizado pelo fato de o
25 referido computador ser construído e disposto para produzir uma representação gráfica da referida densidade e da distribuição registradas do referido feixe de radiação associado à referida posição relativa.

30 17. Analisador de feixe de radiação modular, de acordo

com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de a referida sonda de dosimetria ser uma câmara de íon.

18. Analisador de feixe de radiação modular, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de o referido feixe de radiação ser gerado por um acelerador linear.

19. Analisador de feixe de radiação modular, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de o referido feixe de radiação ser gerado por uma máquina de radiação de cobalto.

20. Método de nivelamento eletrônico de uma sonda de analisador de feixe de radiação com respeito à superfície de topo de água contida em um tanque fantasma, caracterizado pelo fato de compreender as etapas de:

15 varredura de um primeiro perfil de um feixe de radiação em uma profundidade substancialmente na referida superfície de topo da referida água contida no referido tanque fantasma;

20 varredura de um segundo perfil do referido feixe de radiação em uma profundidade substancialmente próxima da superfície de fundo do referido tanque fantasma;

determinação de um ponto de centro do campo de radiação para a referida primeira varredura;

25 determinação de um ponto de centro do campo de radiação para a referida segunda varredura;

30 conexão do referido ponto de centro da referida primeira varredura com o referido ponto de centro da referida segunda varredura para a criação de uma linha de datum, por meio do que a referida linha de datum é substancialmente perpendicular com respeito à referida

superfície de topo da referida água contida no referido tanque de água fantasma;

introdução da referida linha de *datum* em um algoritmo para a criação de um plano de *datum* de referência, por meio
5 do que o referido plano de *datum* é substancialmente paralelo à referida superfície de topo da referida superfície de topo da referida água contida dentro do referido tanque de água fantasma;

manipulação do movimento da referida sonda para
10 manutenção de um curso substancialmente paralelo com respeito ao referido plano de *datum*.

21. Método de medição de uma radiação de Relação Máxima de Tecido, caracterizado pelo fato de compreender as etapas de:

15 provisão de um módulo de eixo X que inclui um trilho de guia de eixo X tendo um carrinho de eixo X preso de forma deslizante ao referido trilho de guia de eixo X para controle do movimento ao longo do comprimento do mesmo;

fixação de um tanque de água fantasma ao referido
20 trilho de guia de eixo X para um movimento com ele;

fixação de uma sonda de detecção de radiação em uma posição predeterminada dentro do referido tanque, de modo que o referido tanque se mova ao longo do referido eixo X, sem um movimento substancial da referida sonda;

25 enchimento do referido tanque com um material que tem uma densidade que se aproxima daquela de um corpo humano;

orientação de um feixe de radiação de modo que a dispersão se alargando do referido feixe de radiação se alinhe com as dimensões do referido tanque;

30 travessia do tanque ao longo do referido trilho de

guia de eixo X em direção a uma fonte do referido feixe de radiação enquanto se fazem medições de nível de radiação com a referida sonda de detecção de radiação.

22. Método de medição da distribuição e da intensidade de radiação produzidas por uma fonte de radiação, caracterizado pelo fato de compreender as etapas de:

provisão de um módulo de eixo X que inclui um trilho de guia de eixo X tendo um carrinho de eixo X preso de forma deslizante ao referido trilho de guia de eixo X para controle do movimento ao longo do comprimento do mesmo;

fixação de um módulo de eixo Z ao referido carrinho de eixo X para um movimento com ele, o referido módulo de eixo Z tendo um trilho de guia de eixo Z, um carrinho de eixo Z preso de forma deslizante ao referido trilho de guia de eixo Z para um movimento controlado ao longo do comprimento do mesmo;

fixação de um fantasma dinâmico ao referido carrinho de eixo Z para movimento com ele;

travessia do referido fantasma dinâmico por todo um percurso bidimensional predeterminado, por meio do que o referido fantasma dinâmico passa através de um feixe de radiação;

registro de uma pluralidade de medições de radiação conforme o referido fantasma dinâmico passar através do referido feixe de radiação.

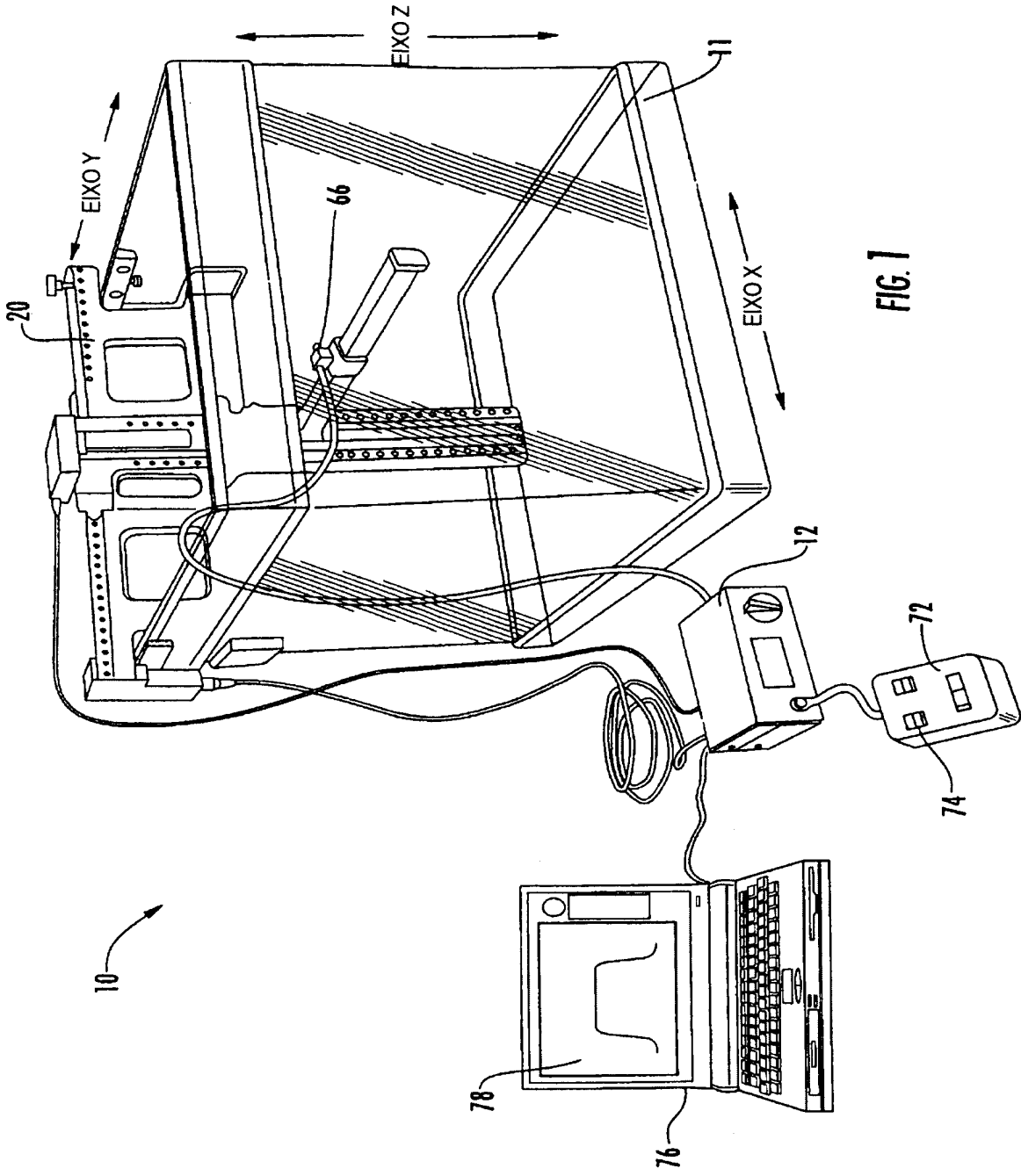


FIG. 1

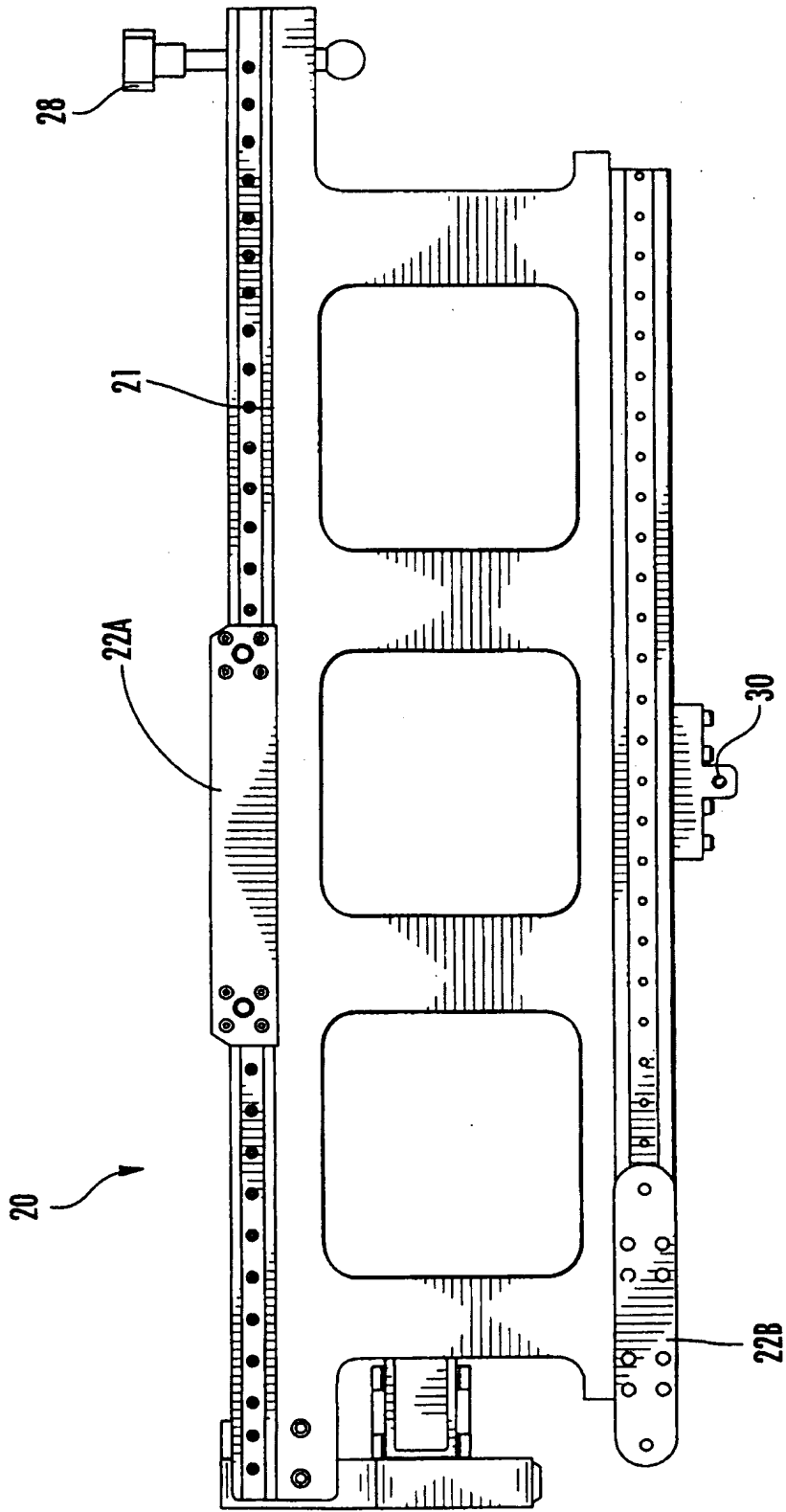


FIG. 2

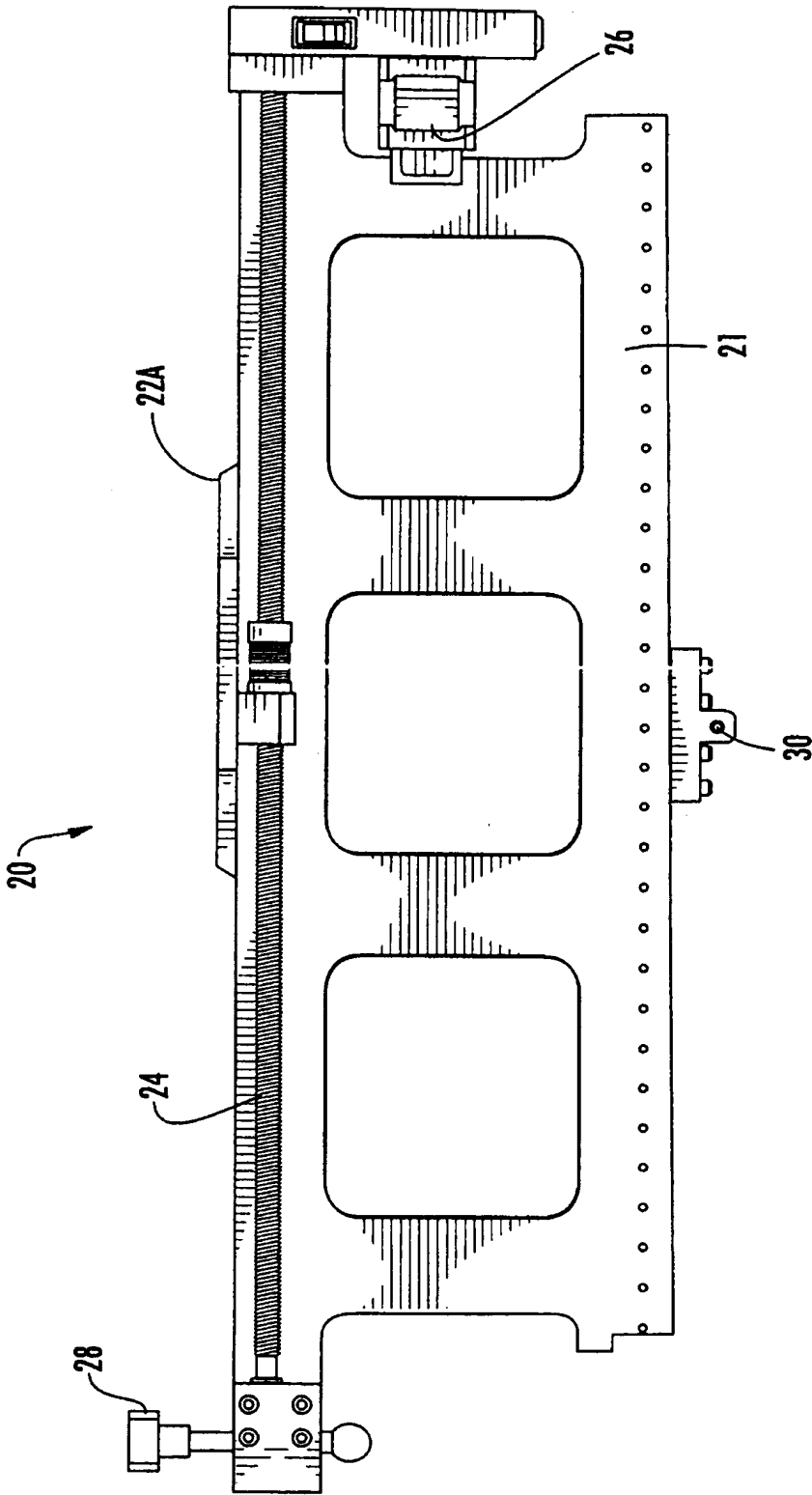


FIG. 3

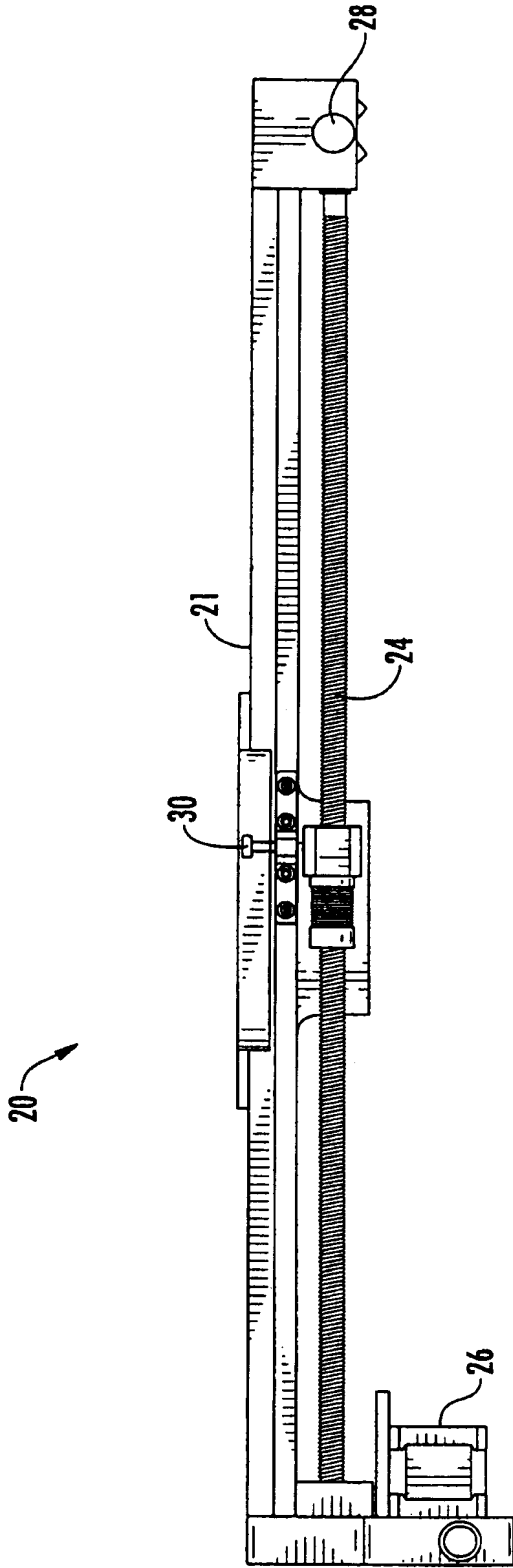


FIG. 4

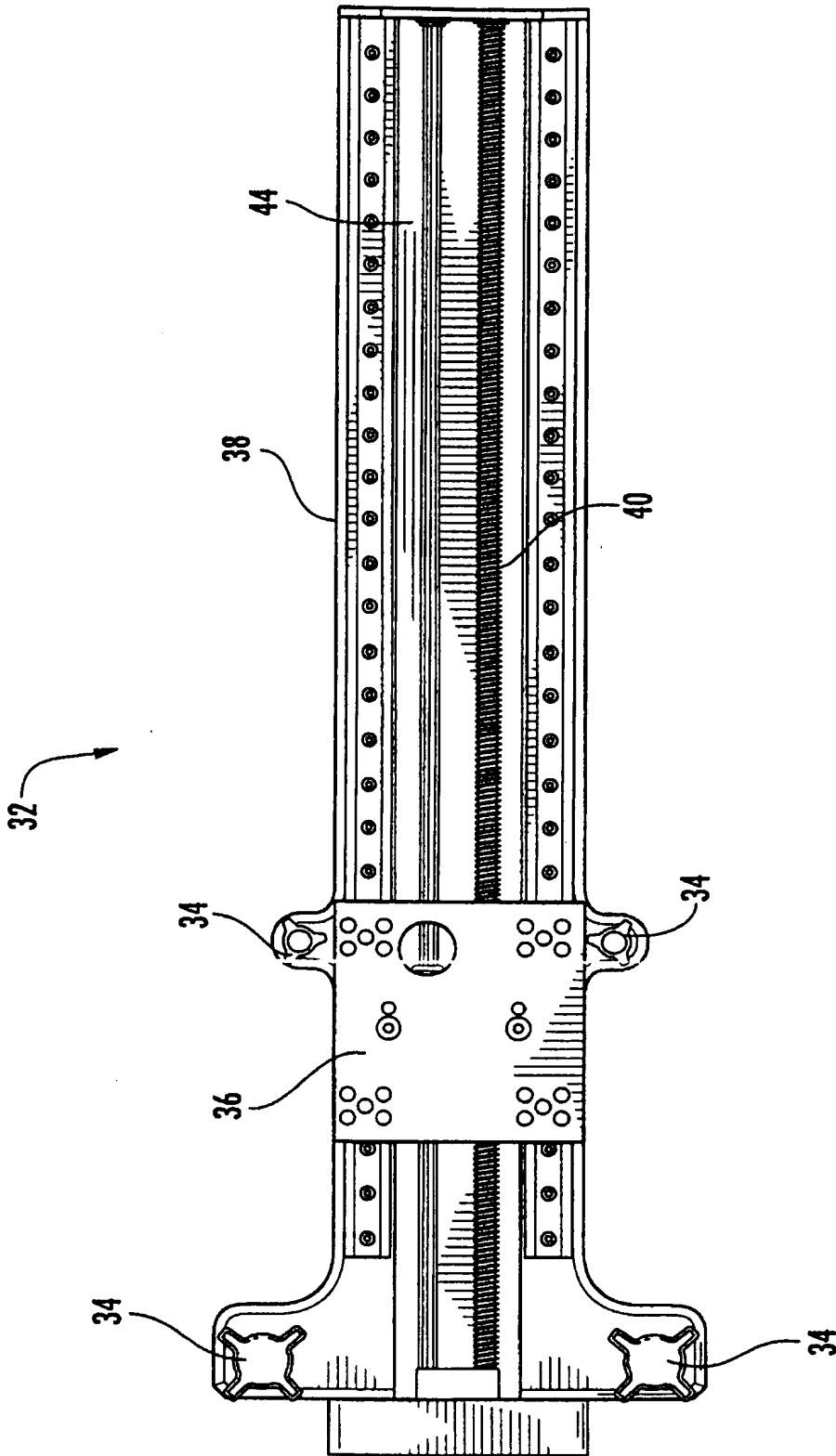


FIG. 5

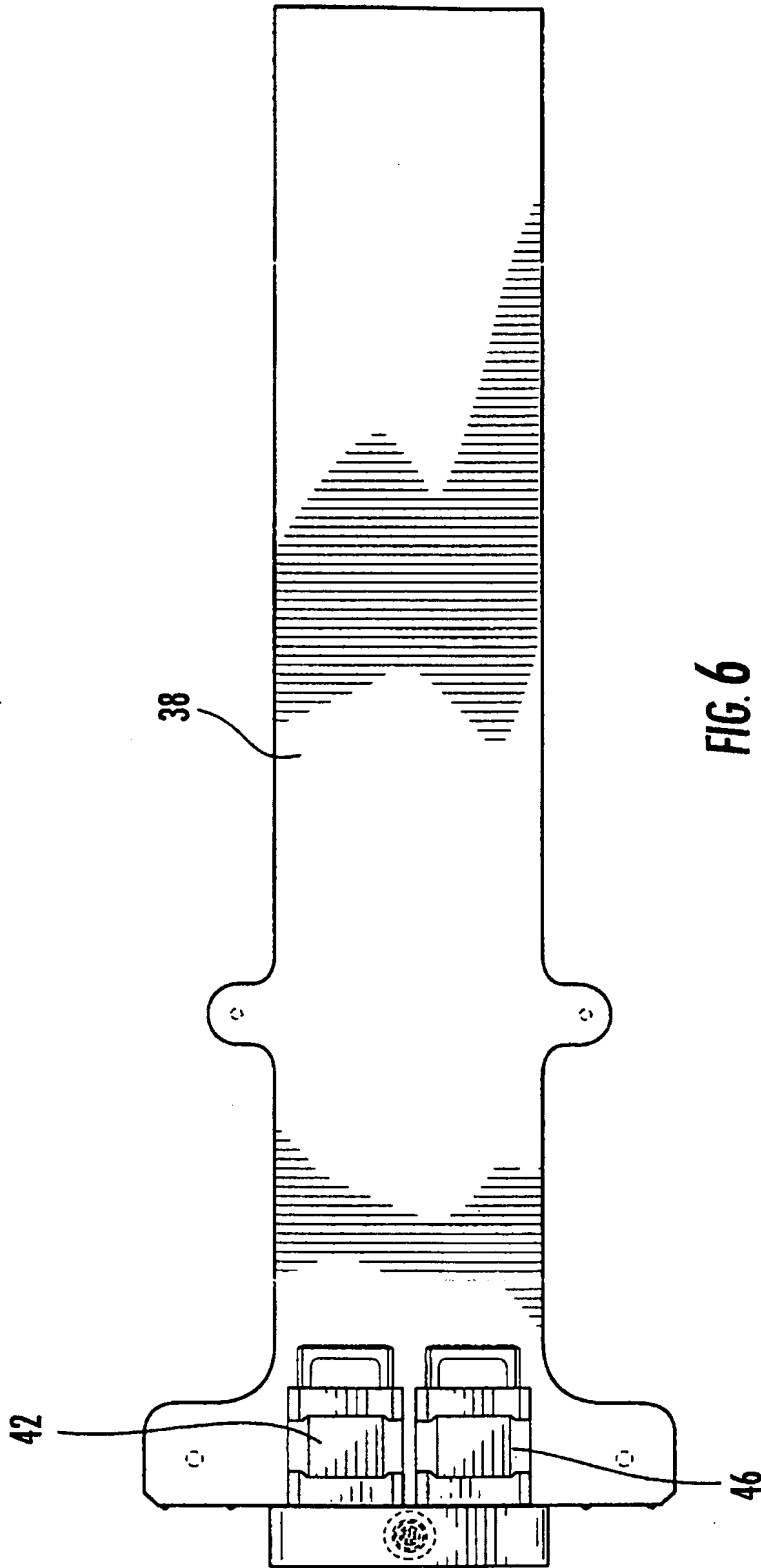


FIG. 6

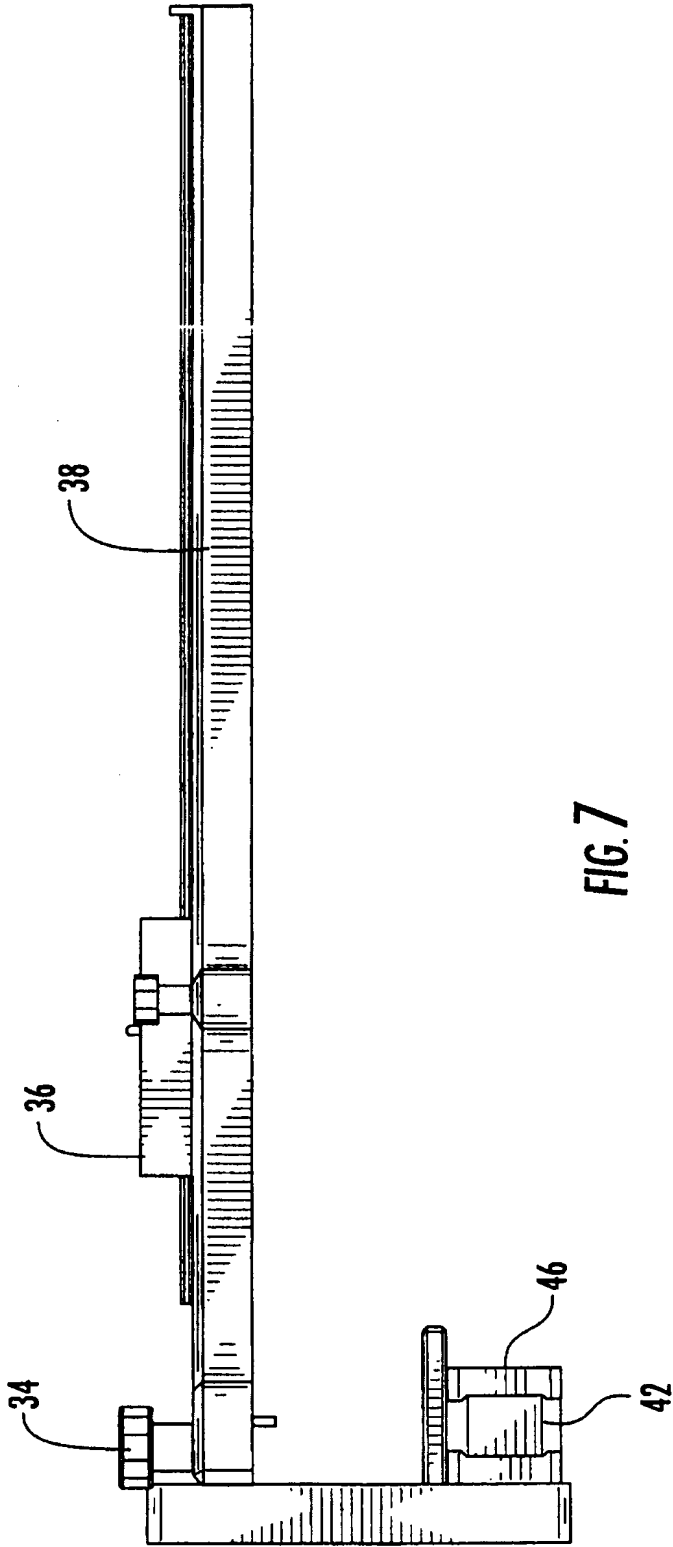


FIG. 7

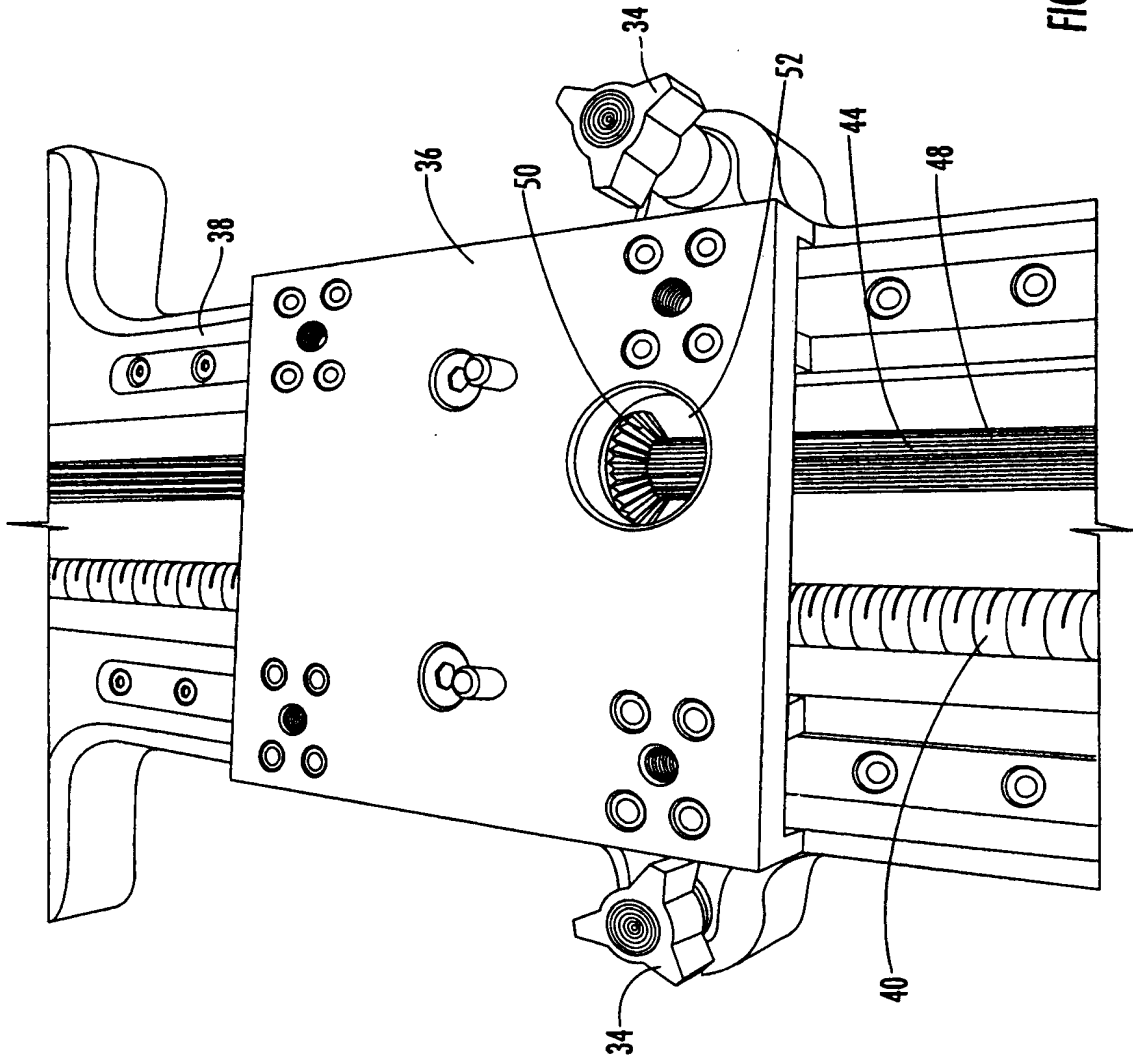


FIG. 8

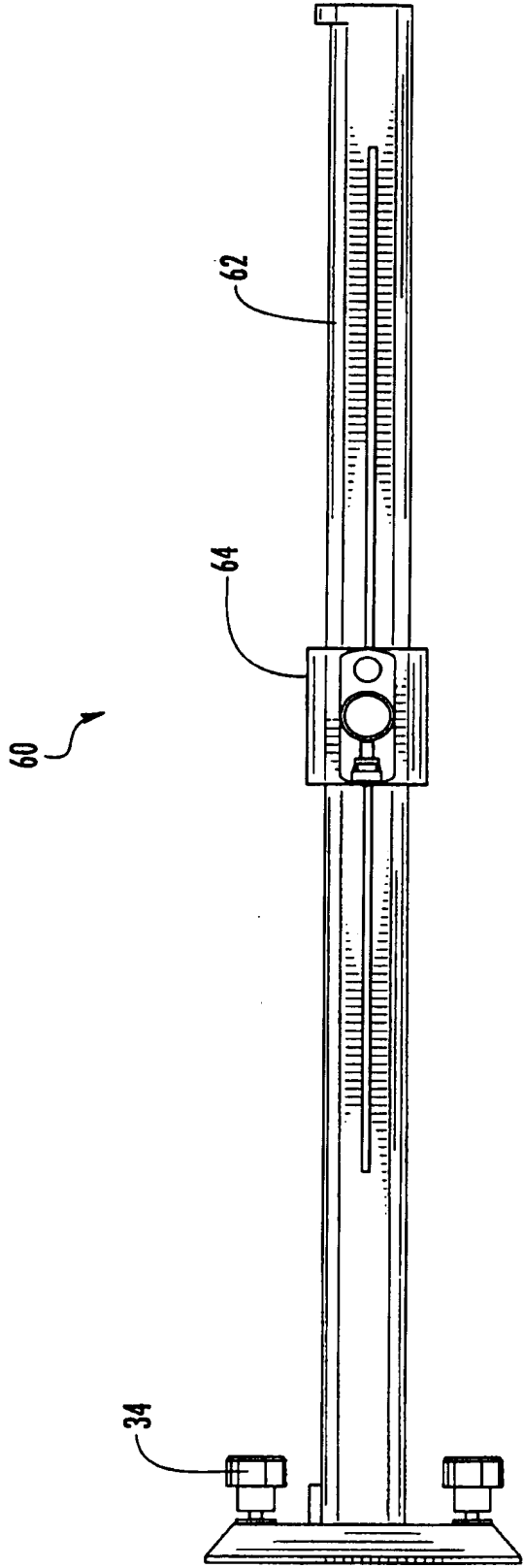


FIG. 9

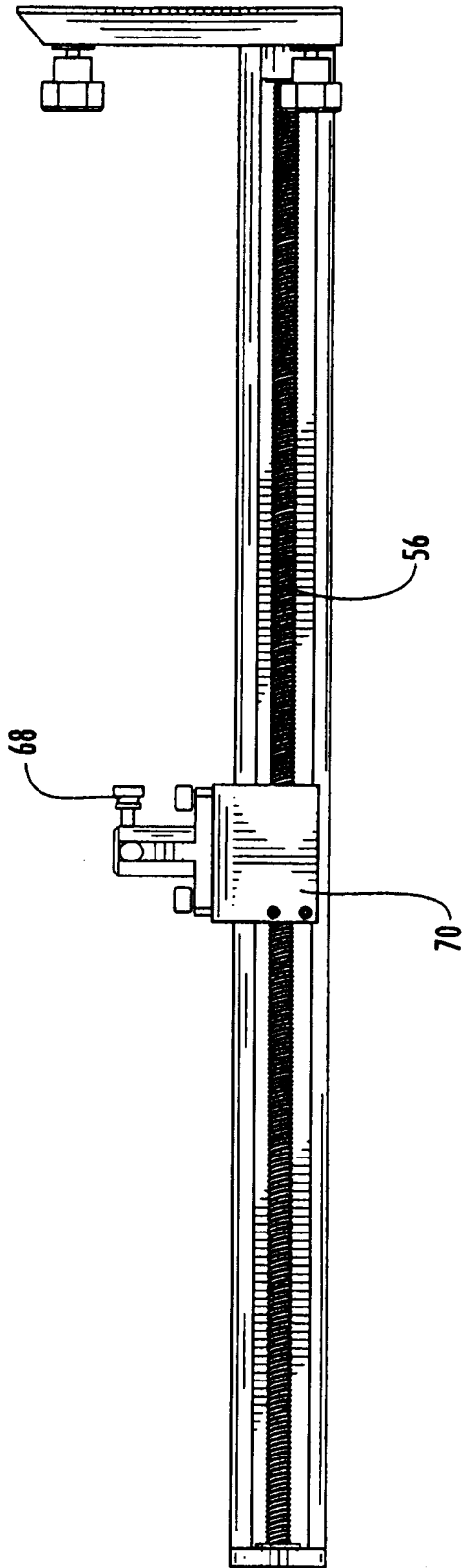


FIG. 10

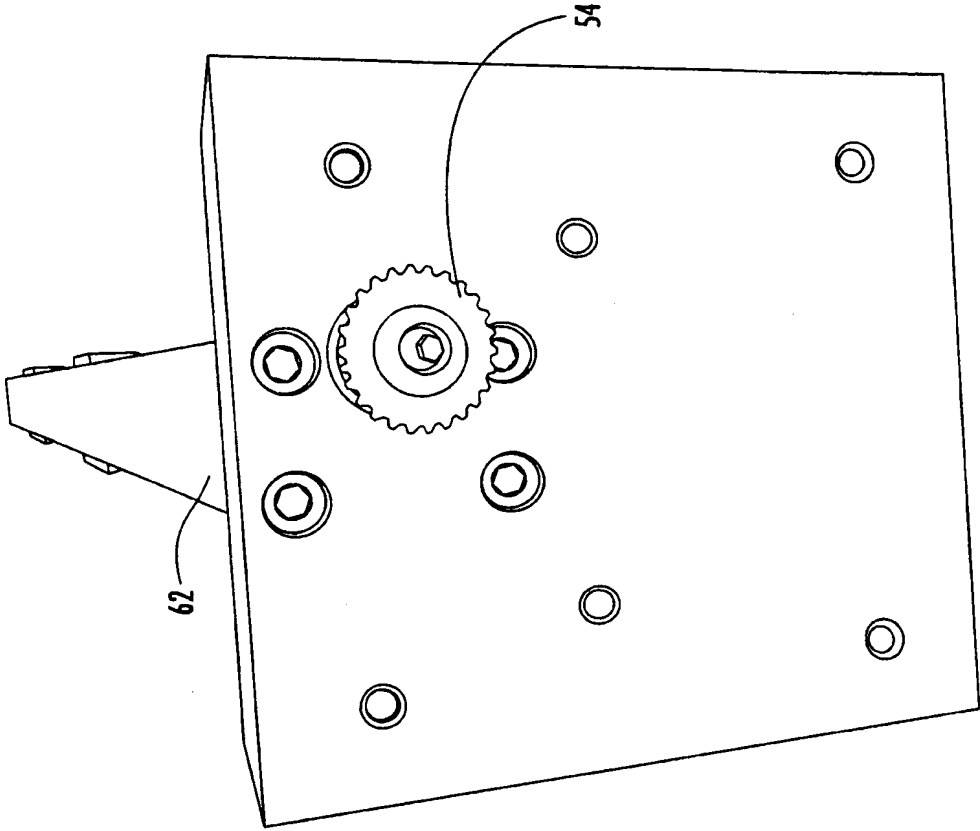


FIG. 17

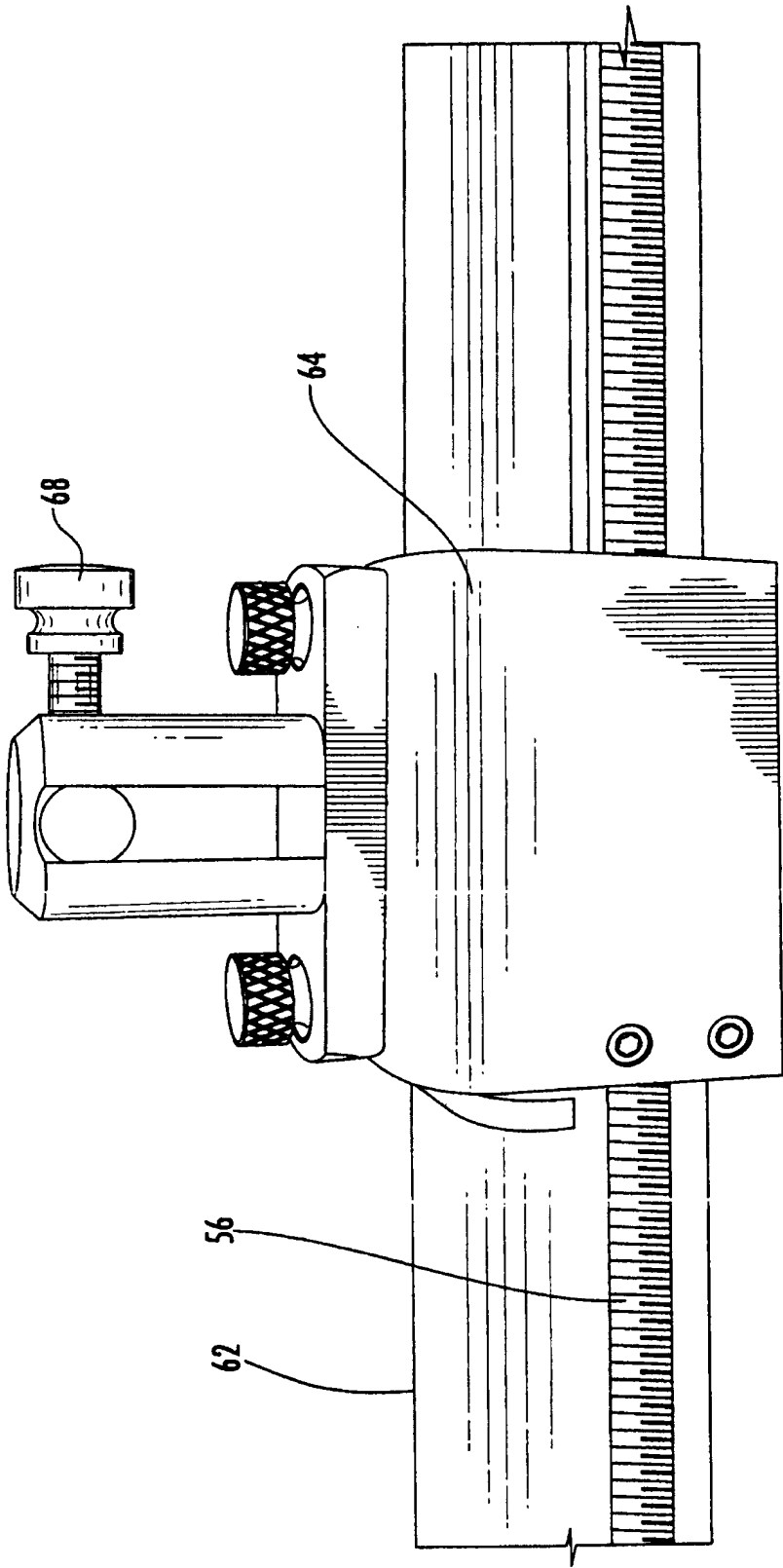


FIG. 12

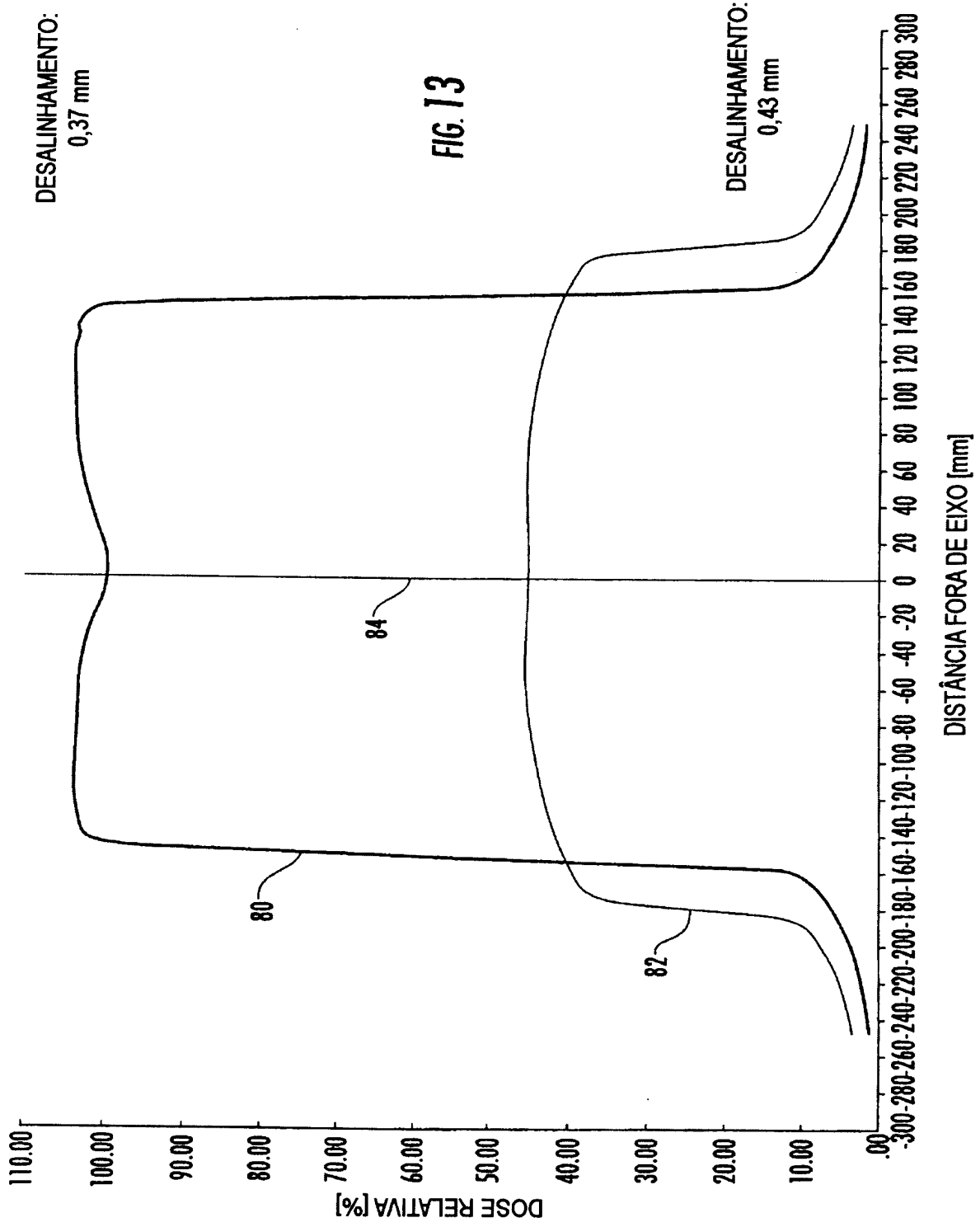


FIG. 13

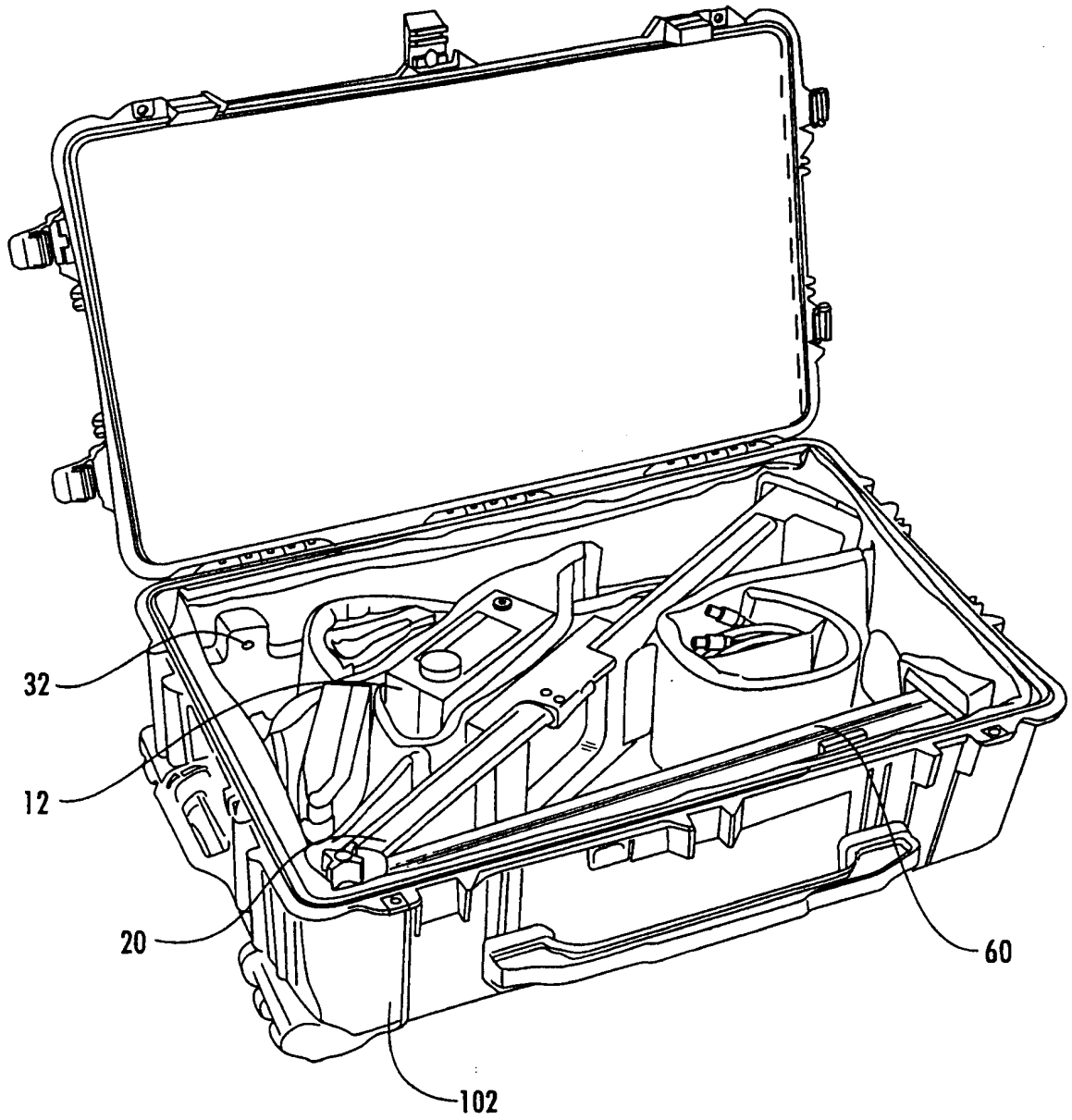


FIG. 14

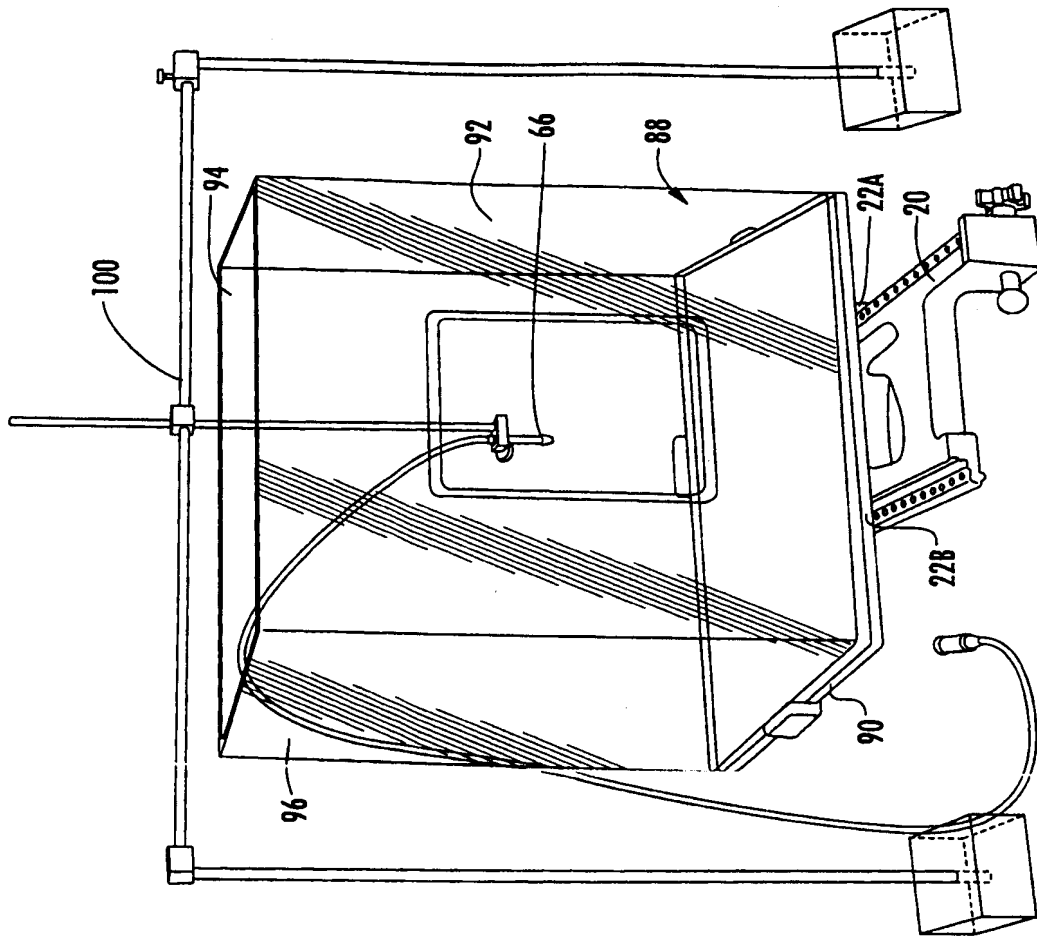


FIG. 15

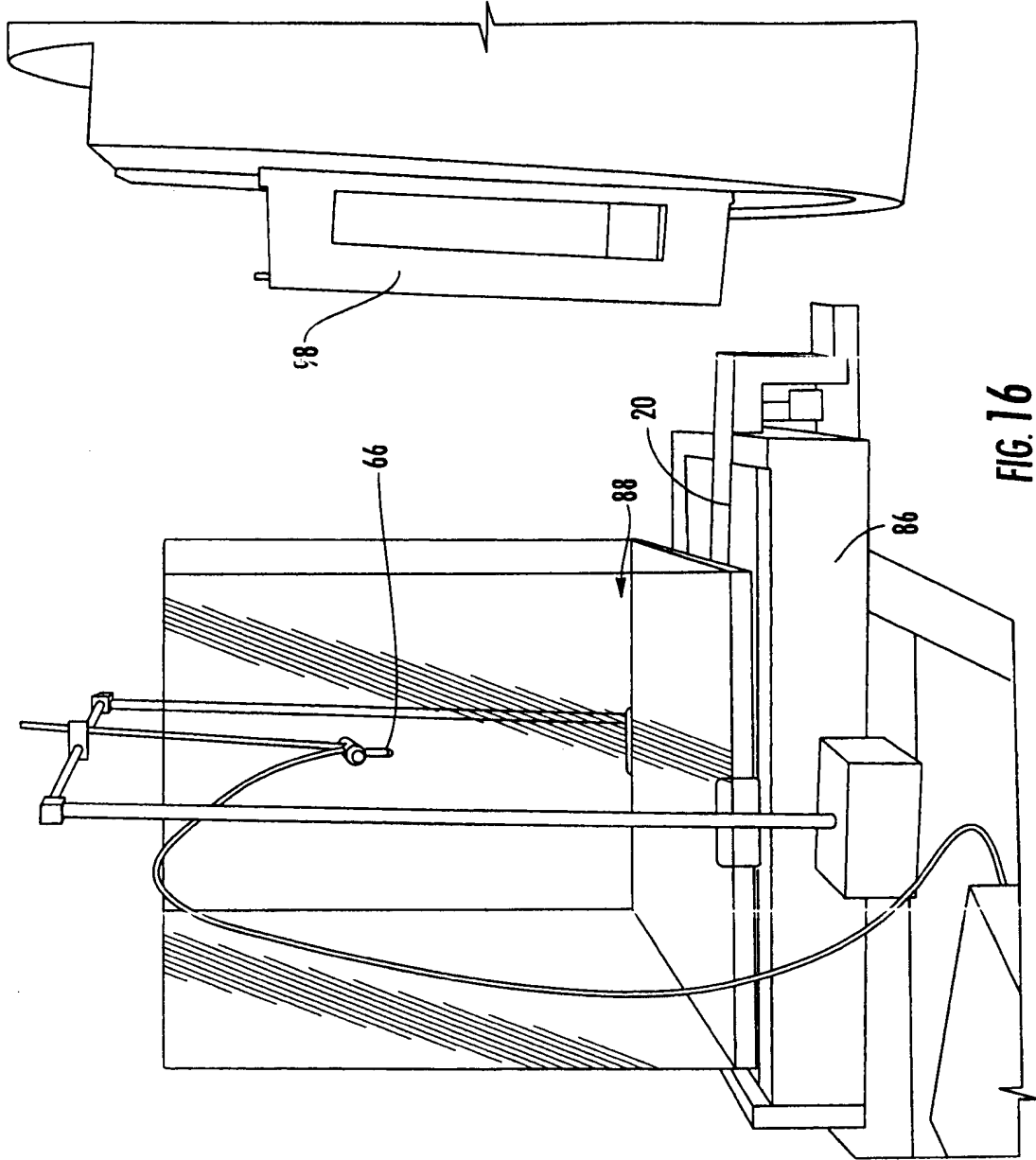


FIG. 16

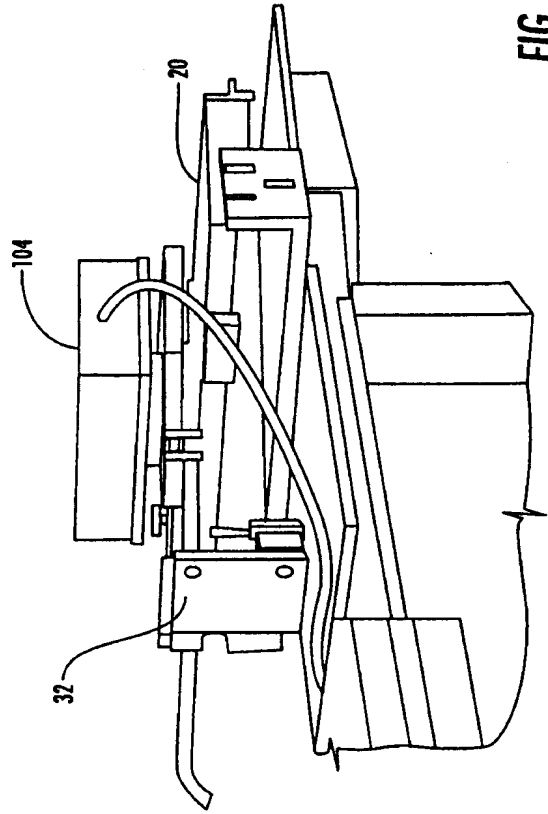
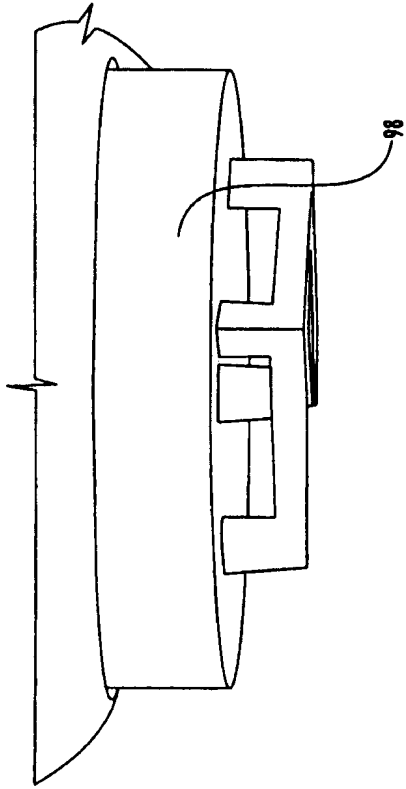


FIG. 17

RESUMO**ANALISADOR DE FEIXE DE RADIAÇÃO MODULAR**

A presente invenção é um analisador de feixe de radiação modular para a medição da distribuição e da intensidade de radiação produzidas por uma fonte de radiação. Mais especificamente, a presente invenção é um dispositivo de varredura de radiação modular que inclui até três módulos. Pela seleção e pela montagem de um número predeterminado de módulos, um detector de radiação pode ser manipulado completamente através de três eixos geométricos, para varreduras de feixe de radiação, bem como varreduras diretas de Relação Máxima de Tecido (TMR) e/ou Relação Fantasma de Tecido (TPR).