

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 391 100**

51 Int. Cl.:

A61B 5/05 (2006.01)

A61B 19/00 (2006.01)

H01F 7/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **05858160 .4**

96 Fecha de presentación: **20.09.2005**

97 Número de publicación de la solicitud: **1796791**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **20.06.2007**

54 Título: **Imán rotativo y pivotante para navegación magnética**

30 Prioridad:
21.09.2004 US 946634

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
21.11.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
21.11.2012

73 Titular/es:
STEREOTAXIS, INC. (100.0%)
4041 Forest Park Avenue
St. Louis, MO 63108 , US

72 Inventor/es:
CREIGHTON, FRANCIS, M. y
BURGETT, SETH

74 Agente/Representante:
DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 391 100 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Imán rotatorio y pivotante para navegación magnética.

Este sistema se refiere a la navegación magnética de dispositivos médicos en el cuerpo y, en particular, a un sistema para aplicar un campo magnético de dirección escogida a una región de operación en el cuerpo de un individuo para orientar un dispositivo médico magnéticamente sensible.

La navegación magnética de dispositivos médicos ha mejorado significativamente la capacidad de los profesionales médicos para controlar dispositivos médicos en el cuerpo. Las técnicas de navegación magnética anteriores implicaban el uso de imanes superconductores. Aunque dichas técnicas eran, y siguen siendo, muy efectivas, los avances en los materiales magnéticos permanentes y el diseño de imanes permanentes han hecho posible utilizar imanes permanentes para la navegación magnética. Mientras que los campos magnéticos creados por imanes superconductores pueden cambiarse fácilmente mediante el cambio de las corrientes en las bobinas electromagnéticas superconductoras, con el fin de cambiar el campo magnético creado mediante imanes permanentes para la navegación, generalmente es necesario cambiar la posición y / u orientación del imán permanente. Con el fin de controlar con precisión el campo magnético aplicado por los imanes permanentes, es necesario controlar con precisión la posición y / u orientación del imán permanente.

El documento WO 0054690, sobre el cual se basa la porción característica previa de la reivindicación 1, divulga un sistema de navegación A para hacer navegar un dispositivo en una región de operación en un sujeto, comprendiendo el sistema: un sistema de obtención de imágenes llevada sobre un brazo en C adyacente al sujeto para obtener imágenes de la región de operación en el sujeto, pivotando el brazo en C alrededor de un eje de obtención de imágenes para permitir la obtención de imágenes de la región de operación en diferentes planos; y un par de unidades de imán opuestas dispuestas sobre lados opuestos del sujeto, adyacentes al brazo en C, comprendiendo cada unidad por lo menos un imán y un soporte para cambiar la posición y la orientación de por lo menos un imán, para cambiar la dirección del campo magnético aplicado a la región de operación mediante las unidades de imán.

Otros sistemas de la técnica anterior se divulgan en los documentos WO 00/25864 y US 2004/030324.

Según la presente invención, se proporciona un sistema de navegación para hacer navegar un dispositivo en una región de operación en un sujeto, comprendiendo el sistema: un sistema de obtención de imágenes llevado sobre un brazo en C adyacente al sujeto para obtener imágenes de la región de operación en el sujeto, pivotando el brazo en C alrededor de un eje de obtención de imágenes para permitir la obtención de imágenes de la región de operación en diferentes planos; y un par de unidades de imán opuestas dispuestas sobre lados opuestos del sujeto, adyacentes al brazo en C, comprendiendo cada unidad por lo menos un imán y un soporte para cambiar la posición y la orientación de por lo menos un imán, para cambiar la dirección del campo magnético aplicado a la región de operación mediante las unidades de imán; caracterizado por las unidades, que están cada una configurada para mover dicho por lo menos un imán hacia y alejándose de la región de operación a lo largo de un primer eje, para hacer girar dicho por lo menos un imán alrededor de un segundo eje de forma general paralelo al primer eje, y para hacer pivotar dicho por lo menos un imán alrededor de un tercer eje de forma general perpendicular al segundo eje, y para hacer girar dicho por lo menos un imán alrededor del eje de obtención de imágenes y de la región de operación para adecuar el giro del brazo en C y el sistema de obtención de imágenes a la vez que se mantiene la relación de forma general opuesta en lados opuestos de la región de operación para permitir que las unidades de imán mantengan la dirección y la fuerza del campo magnético aplicado a la región de operación.

Con el fin de que la invención pueda ser bien entendida, se describirán ahora algunas realizaciones de la misma, dadas a modo de ejemplo, haciéndose referencia a los dibujos adjuntos, en los cuales:

la Figura 1 es una vista en perspectiva de un conjunto quirúrgico magnético que incorpora unidades magnéticas de acuerdo con los principios de la invención;

la Figura 1A es una vista en planta desde arriba del conjunto quirúrgico magnético;

la Figura 2 es una vista frontal en perspectiva del despiece ordenado de una de las unidades de imán, la cual no forma parte de la presente invención (siendo la otra unidad de imán una imagen en espejo de la misma), con la cubierta retirada para mostrar detalles de su construcción;

la Figura 3 es una vista frontal en perspectiva de la unidad de imán, con la cubierta retirada;

la Figura 4 es una vista frontal en perspectiva de la unidad de imán que muestra la cubierta inferior;

la Figura 5 es una vista frontal en perspectiva de la unidad de imán que muestra la cubierta superior;

la Figura 6 es una vista desde atrás en perspectiva de la unidad de imán;

la Figura 7 es un vista en alzado frontal de la unidad de imán;

ES 2 391 100 T3

- la Figura 8 es otra vista frontal en perspectiva del despiece ordenado del sistema de posicionamiento de la unidad de imán;
- la Figura 9 es una vista en alzado frontal del sistema de posicionamiento de la unidad de imán;
- la Figura 10 es una vista en alzado lateral desde la izquierda del sistema de posicionamiento de la unidad de imán;
- 5 la Figura 11 es una vista en alzado lateral desde la derecha del sistema de posicionamiento de la unidad de imán;
- la Figura 12 es una vista en alzado desde atrás del sistema de posicionamiento;
- la Figura 13 es una vista en planta desde arriba del sistema de posicionamiento;
- la Figura 14 es una vista en planta desde abajo del sistema de posicionamiento;
- la Figura 15 es una vista en alzado frontal del mecanismo de accionamiento fi de la unidad de imán;
- 10 la Figura 16 es una vista en planta desde arriba del mecanismo de accionamiento fi;
- la Figura 17 es una vista en alzado lateral desde la izquierda del mecanismo de accionamiento fi;
- la Figura 18 es una vista en alzado lateral desde la derecha del mecanismo de accionamiento fi;
- la Figura 19 es una vista en alzado frontal de la placa frontal del mecanismo de accionamiento fi;
- la Figura 20 es una vista en alzado lateral desde la izquierda de la placa frontal del mecanismo de accionamiento fi;
- 15 la Figura 21 es una vista en alzado lateral desde la derecha de la placa frontal del mecanismo de accionamiento fi;
- la Figura 22 es una vista transversal horizontal de la placa frontal del mecanismo de accionamiento fi, tomada a lo largo del plano de la línea 22 – 22 de la Figura 19;
- la Figura 23 es una vista en perspectiva del despiece ordenado del mecanismo de accionamiento fi;
- la Figura 24 es una vista en alzado frontal del mecanismo de accionamiento zeta;
- 20 la Figura 25 es una vista en planta desde arriba del mecanismo de accionamiento zeta;
- la Figura 26 es una vista en alzado lateral desde la izquierda del mecanismo de accionamiento zeta;
- la Figura 27 es una vista en planta desde abajo del mecanismo de accionamiento zeta;
- la Figura 28 es una vista frontal en perspectiva del mecanismo de accionamiento zeta;
- la Figura 29 es una vista en alzado frontal del motor de accionamiento zeta;
- 25 la Figura 30 es una vista en planta desde arriba del motor de accionamiento zeta;
- la Figura 31 es una vista en planta desde abajo del motor de accionamiento zeta;
- la Figura 32 es una vista en alzado lateral desde la izquierda del motor zeta;
- la Figura 33 es una vista frontal en perspectiva del despiece ordenado del motor zeta;
- la Figura 34 es una vista en alzado frontal del mecanismo de accionamiento z;
- 30 la Figura 35 es una vista en alzado lateral desde la izquierda del mecanismo de accionamiento z;
- la Figura 36 es una vista en alzado lateral desde la derecha del mecanismo de accionamiento z;
- la Figura 37 es una vista en planta desde abajo del mecanismo de accionamiento z;
- la Figura 38 es una vista en perspectiva del despiece ordenado del mecanismo de accionamiento z;
- la Figura 39 es una vista en perspectiva del pedestal;
- 35 la Figura 40 es una vista en perspectiva frontal del despiece ordenado del pedestal, que muestra la unidad de pivote, la unidad del sistema de accionamiento y el sistema de bloqueo;
- la Figura 41 es una vista en perspectiva frontal del despiece ordenado del pedestal, con la unidad de pivote, la unidad del sistema de accionamiento y el sistema de bloqueo retirados;

la Figura 42 es una vista en planta desde abajo del pedestal;

la Figura 43 es una vista en corte longitudinal del pedestal tomada a lo largo del plano de la línea 43 – 43 de la Figura 42;

la Figura 44 es una vista en alzado lateral del pedestal;

5 la Figura 45 es una vista en perspectiva del despiece ordenado de la unidad de pivote para montar de forma pivotante el pedestal;

la Figura 46 es una vista en perspectiva del mecanismo de accionamiento;

la Figura 47 es una vista en perspectiva de la unidad de accionamiento;

la Figura 48 es una vista en alzado lateral del imán;

10 la Figura 49 es una vista en alzado frontal del imán;

la Figura 50 es una vista en alzado lateral del conjunto quirúrgico magnético que incorpora las unidades de imán de acuerdo con una realización de esta invención, orientado para permitir el posicionamiento del sistema de obtención de imágenes en una posición de obtención de imágenes oblicua anterior izquierda máxima;

15 la Figura 51 es una vista en alzado lateral del conjunto quirúrgico magnético que incorpora las unidades de imán de acuerdo con la invención, orientado para permitir el posicionamiento del sistema de obtención de imágenes en una posición de obtención de imágenes oblicua anterior derecha máxima;

la Figura 52 es una vista en alzado lateral del conjunto quirúrgico magnético que incorpora las unidades de imán de acuerdo con la invención, orientado con un desplazamiento máximo de una de las unidades para ilustrar el centrado del campo magnético sobre la región de operación; y

20 la Figura 53 es una vista en alzado lateral del soporte para guiar la rotación de las unidades de imán en torno a la región de operación.

Números de referencia correspondientes indican partes correspondientes a través de las diferentes vistas de los dibujos.

Descripción detallada de la Invención

25 Se indica de forma general con 20 en la Figura 1 un conjunto magnético quirúrgico que incorpora unidades de imán de acuerdo con los principios de esta invención. Como se muestra en la Figura 1, el conjunto 20 comprende una sala de operaciones 22 y una sala de control 24. La sala de control 24 está preferentemente adyacente a la sala de operaciones 22 y tiene una ventana 26 desde la cual puede verse la intervención quirúrgica que tiene lugar en la sala de operaciones 22. Sin embargo, la sala de control 24 no tiene porqué estar adyacente a la sala de operaciones 22 y, en cambio, podría estar ubicada lejos de la sala de operación, por ejemplo en una planta diferente o en un edificio diferente.

30 La sala de operaciones 22 incluye un soporte para el paciente, tal como una camilla para el paciente 26, y un par de unidades de imán 28 y 30 dispuesto sobre lados opuestos de la camilla del paciente para proyectar un campo magnético en la región de operación en un paciente que está sobre la camilla. La sala de operaciones también incluye un sistema de obtención de imágenes 32 que comprende un brazo en C que soporta por lo menos una fuente 34 de rayos X y por lo menos un receptor 36 de rayos X, tal como una placa de obtención de imágenes de silicón amorfa. Se proporcionan unos armarios 38 y 40 para los controladores del ordenador y otros elementos electrónicos para operar las unidades de imán 28 y 30 y el sistema de obtención de imágenes 32. Una pluralidad de pantallas de visualización (seis en esta realización preferida) está montada sobre un brazo articulado 44 desde el techo. Las pantallas de visualización 42 exhiben las imágenes procedentes del sistema de obtención de imágenes 32 y proyecciones procedentes del sistema de control para operar las unidades de imán 28 y 30. Se proporciona sobre la camilla del paciente 26 una pluralidad de controles 46 para operar una interfaz de usuario para controlar las unidades de imán 28 y 30, en conjunción con las proyecciones exhibidas en las pantallas de visualización 42.

35 La sala de control 24 incluye un armario 48 para un procesador utilizado para operar la interfaz de usuario para controlar las unidades de imán 28 y 30. Se proporciona una pluralidad de pantallas de visualización 50 (dos en esta realización preferida) para exhibir imágenes procedentes del sistema de obtención de imágenes 32 y proyecciones procedentes de la interfaz de usuario. Se proporciona una pluralidad de controles 52 sobre la camilla del paciente 26 para operar una interfaz de usuario para controlar las unidades de imán 28 y 30 en conjunción con las proyecciones sobre las pantallas de visualización 52.

40 Cada una de las unidades de imán 28 y 30 proyecta un campo magnético fuerte desde su superficie frontal, de forma tal que, juntos, los imanes proporcionan un campo magnético de suficiente fuerza para orientar un dispositivo médico magnético en una región de operación en el paciente que está sobre la camilla 26. Debido a la fuerza del campo

proyectado por las unidades de imán 28 y 30, preferentemente, las unidades están montadas de forma giratoria para girar entre una posición de operación en la cual las unidades están orientadas hacia el soporte del paciente y proyectan un campo en la región de operación en el paciente sobre la camilla, y una posición de reposo en la cual las unidades de imán no están orientadas hacia la camilla del paciente.

5 Como se muestra en la Figura 2, cada una de las unidades de imán 28 y 30, las cuales no se incluyen en el alcance de la presente invención, comprende un imán 100, un mecanismo 300 para mover el imán para cambiar el campo magnético aplicado por el imán 100 a la región de operación en un paciente, y un pedestal 800 para soportar el mecanismo 200 y el imán 100. Como se describe con mayor detalle a continuación, el imán 100 es preferentemente un imán compuesto diseñado de forma tal que unas traslaciones y / o rotaciones relativamente pequeñas dan como resultado cambios significativos en la dirección del campo magnético proyectado en una región de operación en el paciente. Como se describe con mayor detalle a continuación, el mecanismo 200 está adaptado para soportar y trasladar y / o hacer girar el imán 100 para cambiar la dirección del campo aplicado por el imán a la región de operación en el paciente. El imán 100 y el mecanismo 300 están preferentemente diseñados de forma tal que éstos pueden proyectar un campo magnético en cualquier dirección en la región de operación en el paciente o, por lo menos, de forma tal que cuando ambas unidades de imán 28 y 30 están posicionadas sobre lados opuestos del paciente, el efecto combinado de los imanes procedentes de las unidades proyecta un campo magnético en cualquier dirección.

En esta realización, preferentemente, el mecanismo proporciona tres movimientos del imán 100: traslación del imán hacia y alejándose del paciente, denominado, en este documento, como traslación en la dirección z, rotación del imán alrededor de un eje paralelo a la dirección z, denominado, en este documento, rotación alrededor del eje θ , y giro del imán alrededor de un eje perpendicular al eje θ , denominado, en este documento, como giro alrededor del eje φ . Los movimientos del imán 100 en la dirección z, alrededor del eje θ y alrededor del eje φ permitidos por el mecanismo 300 son suficientes para crear un campo magnético de fuerza adecuada para la navegación magnética en cualquier dirección en la región de operación del paciente. Por supuesto, podrían proporcionarse traslaciones y / o rotaciones adicionales o diferentes para el mismo o para un diferente diseño del imán. La fuerza del campo proyectado por los imanes es de, preferentemente, por lo menos, 0,05 Tesla, y más preferentemente, por lo menos, 0,09 Tesla.

El imán 100 está compuesto, preferentemente, por una pluralidad de bloques 102 dispuestos y montados sobre una placa de soporte 104, por ejemplo con adhesivo; el imán 100 incluye además una cubierta 106, preferentemente con una superficie terminada lisa perfilada que encierra el conjunto de los bloques 102. Cada uno de los bloques está hecho de un material magnético permeable, y tiene un tamaño, una forma, una posición y una dirección de magnetización específicos para optimizar las propiedades del campo (dirección y fuerza) a la vez que se ajusta la fabricación. Ejemplos de imanes adecuados se muestran en imanes tales como los divulgados en la Solicitud de Patente US N° 10/082.715, presentada el 25 de Febrero de 2002, la Solicitud de Patente US N° 10/056.227, presentada el 23 de Enero de 2003, y / o la Solicitud de Patente US N° 09/546.840, presentada el 11 de Abril del 2000.

El imán 100 y el mecanismo 300 están montados sobre un pedestal 800. Como se indicó anteriormente y se describirá a continuación con más detalle, el pedestal 800 está montado para girar alrededor de un pilar 802, y tiene ruedas 804 que permiten que el pedestal gire desde una posición de reposo en la cual el imán 100, de forma general, está orientado alejándose del paciente, hasta una posición operativa en la cual el imán, de forma general, está orientado hacia el paciente.

El imán 100 y el mecanismo 300 están preferentemente encerrados en una cubierta 200 para proteger el mecanismo de interferencias, para impedir que el mecanismo lesione a las personas o dañe los bienes, para reducir la ansiedad de los pacientes y para mejorar la apariencia de la unidad. Como se muestra en la Figura 3, esta cubierta incluye un bastidor 202 montado de forma deslizante alrededor de la base del mecanismo 300. Como se muestra en la Figura 4, la cubierta también comprende una tapa de base frontal 204, la cual tiene una forma general en U y está adaptada para ser asegurada sobre la parte frontal y los lados del pedestal 800, una tapa de base superior 206, la cual está adaptada para ser asegurada sobre la parte superior del pedestal, alrededor del mecanismo 300, y una tapa de base posterior 208, la cual está adaptada para ser asegurada sobre la parte posterior del dispositivo de tapa del pedestal. Como se muestra en la Figura 5, la cubierta 200 también comprende un panel frontal 210 adaptado para montarse en el bastidor 202, sobre la parte frontal del imán 100 y el mecanismo 300, y unos paneles laterales izquierdo 212 y derecho 214 adaptados para montarse en el bastidor 202 sobre los lados del imán y del mecanismo. Un bastidor 216 en forma de U invertida está montado en el bastidor 202 sobre la parte posterior del mecanismo 300. El bastidor 216 soporta un conducto 218 para rodear los conductores de potencia y control, y un panel posterior 220 para cubrir la parte posterior del mecanismo. Una unidad de ventiladores de enfriamiento 222 está montada en el bastidor 202, dentro del panel 220, para hacer circular aire dentro de la cubierta a través de aberturas con persianas formadas en la cubierta 220.

Como se muestra en la Figura 8, el mecanismo 300 comprende preferentemente un mecanismo de pivote φ 302 para hacer girar el imán alrededor del eje φ ; un mecanismo de rotación θ 402 para hacer rotar el imán alrededor del eje θ ; y un mecanismo de accionamiento z 602 para trasladar el imán en la dirección z.

5 Como se muestra en las Figuras 15 – 22 el mecanismo de pivote φ 302 comprende una placa frontal 304 adaptada para soportar el imán 100. La placa frontal 304 está montada de forma giratoria sobre una placa trasera 306. La placa trasera 306 está adaptada para estar montada sobre el mecanismo de rotación θ 402 y tiene dos soportes 308 y 310 paralelos que se proyectan desde su cara frontal para soportar la placa frontal 304. Un cubo 312 sobre la parte trasera de la placa frontal 304 está montado de forma giratoria entre los soportes 308 y 310, de forma tal que la placa frontal puede girar. En esta realización preferida, la placa frontal 304 y, de este modo, el imán 100 montado sobre la placa frontal pueden girar 40° positivos y negativos, para un rango total de movimiento de 80° . Este rango de movimiento está basado en las propiedades del imán 100, el cual, en esta realización preferida, proporciona un cambio de 180° en la dirección del campo sobre un rango de giro de 80° . Con un imán diferente, el rango de giro podría hacerse mayor o menor, según se desee.

10 Como mejor se ve en la Figura 23, un freno de motor 314 está montado sobre un soporte 308 y un adaptador de montaje del motor 316 está montado sobre el freno de motor sobre el soporte 308. Un motor 318 está montado sobre el adaptador de montaje 316, para hacer girar el eje de accionamiento 320 que tiene una espiga 322 sobre el mismo. Una carcasa 324 recubre el motor 318. El eje de accionamiento 320 engrana con la placa frontal 304, de forma tal que la rotación del eje de accionamiento causada por el motor 318 hace que la placa gire alrededor del mecanismo de pivote φ .

15 Un interruptor de final de carrera $+\varphi$ 324 está montado sobre un bloque 326 sobre la cara frontal de la placa 306, y está adaptado para engranar con un tope 328 sobre la placa frontal 304. De forma similar, un interruptor de final de carrera $-\varphi$ 330 está montado sobre un bloque 332 sobre la cara frontal de la placa 308, y está adaptado para engranar con un tope 334 sobre la placa frontal. Un indicador 336 de sensor zeta, que es utilizado por el sensor de posición zeta como se describe más abajo, está asegurado sobre la placa trasera 306. Unos indicadores 338 de sensor fi están asegurados sobre la parte trasera de la placa frontal 304. Un codificador giratorio 320 está montado sobre una placa de soporte 342 del codificador, sobre el soporte 310, y es accionado por la espiga 322 que está sobre el eje de accionamiento 320.

20 En las Figuras 24 – 28 se muestra el mecanismo de rotación θ 402. El mecanismo de rotación θ 402 comprende un carro 404, el cual está preferentemente hecho de aluminio u otro material no magnético ligero de peso y duro. Como mejor se muestra en la Figura 28, el carro 404 tiene una abertura 406 de forma general cilíndrica en la misma, en la cual está montado el anillo de rodadura exterior de un rodamiento 408. Unos cubos de retención frontal y trasero 410 y 412 están asegurados entre sí, encerrando entre ambos el anillo de rodadura interior del rodamiento 408. Un anillo de retención está montado en el carro 404 sobre el cubo de retención frontal 414. El mecanismo de pivote φ 302 está montado en el cubo de retención frontal 410, para permitir la rotación alrededor del eje z.

25 Un sensor de posición 416 está montado en un hueco en la parte frontal del carro 404, y es accionado por el indicador 338 que está sobre el mecanismo de pivote φ .

30 Una bandeja de leva 420, que soporta una leva 422, está también asegurada sobre la parte inferior del carro 404. Una pluralidad de topes 424 está también montada sobre la parte inferior del carro 404. Un par de soportes en forma de C 426 está montado sobre la parte inferior del carro para acoplarse a, y mover la cubierta a medida que el mecanismo zeta 402 se mueve en la dirección z, como se describe más adelante. Un engranaje de precisión 428 está montado sobre un soporte 430 sobre la parte inferior del carro. El engranaje de precisión es utilizado para detectar la posición en la dirección z como una medición de seguridad de la detección de posición incorporada al mecanismo de accionamiento z 602.

35 El propulsor para el mecanismo de rotación θ 402 está indicado de forma general con 434 en las Figuras 29 – 33. El propulsor 434 comprende un servomotor 436, una caja de engranajes 438, una placa de soporte del reductor 440 y un piñón 442. El piñón 442 engrana y propulsa una rueda dentada asegurada al cubo posterior 444, originando la rotación en la dirección zeta.

40 Como se muestra en las Figuras 35 – 38, el mecanismo de accionamiento z 602 comprende una placa de base 604. Se proporcionan unas placas de soporte 606 sobre el lado inferior de la placa de base, a ambos lados, para asegurar la placa de base al pedestal 800. Unas pistas 608 y 610 están montadas sobre la placa 604. Dos carros 612 están montados de forma deslizante sobre cada una de las pistas 608 y 610, para soportar de forma deslizante el carro 404 del mecanismo de accionamiento z 402. Un servomotor 614 está montado sobre la placa de base 604 con un soporte 616. Un acoplamiento flexible de eje 618 y un rodamiento de tornillo de accionamiento 620 conectan el eje de tornillo de bolas 622 al servomotor 614. El extremo del eje del tornillo de bolas 622 está soportado por un rodamiento de tornillo de accionamiento 624. Un soporte 626 está montado sobre el eje del tornillo de bolas 622 y está asegurado a la parte inferior del carro 402, para mover el carro.

45 Unos topes 628 están montados sobre la placa de base 604, adyacentes a un extremo. Unos topes 630 están montados sobre la placa de base 604, adyacentes al otro extremo. Unos interruptores de final de carrera 632 y 634 están montados sobre la placa 604 con unos soportes 636 y 638, respectivamente. Un codificador giratorio 640 está montado sobre la placa de base 604 y tiene un piñón 642. El piñón 642 engrana con el engranaje de precisión 428 sobre la parte inferior del carro 404, y mide la posición del carro con respecto a la placa de base 604. Unos rieles 644 están montados sobre los lados de la placa de base 604 para soportar de forma deslizante la cubierta 200.

Como se muestra en la Figura 39, el pedestal 800 comprende un bastidor 808 con una plataforma 810 para soportar el mecanismo 402. El pedestal 800 está montado de forma giratoria para que rote alrededor del pilar 802, el cual está asegurado al suelo de la sala de operaciones. Un collar 812 asegurado al bastidor 808 rodea y rota alrededor del pilar 802. Un mecanismo de accionamiento 814 está montado en el bastidor 808 para impulsar el pedestal 800 a rotar alrededor del pilar 802. También está montado un mecanismo de bloqueo 816 el bastidor 808 para asegurar el pedestal contra cualquier movimiento.

Como se muestra en las Figuras 40 y 45, el pilar 802 está rodeado por una pieza soldada 818. Un tubo de parada 820 está montado sobre el pilar 802, proporcionando topes 822 y 824 para limitar el movimiento giratorio del pedestal. Una placa inferior de soporte exterior 826 y una placa inferior de soporte interior 828, y una placa superior de soporte exterior 830 y una placa superior de soporte interior 832 están aseguradas por encima y por debajo del bloque 834, soportando un cojinete esférico 836. Unos interruptores de final de carrera 838, 840, 842 y 844 están montados sobre el anillo de soporte superior y son activados por el movimiento con respecto a la leva 846 asegurada sobre la parte superior del pilar 802.

Como se muestra en las Figuras 40 y 46, el mecanismo de accionamiento 814 comprende un motor 848 conectado a una caja de engranajes 850. Una manivela 852 sobre el eje 854 también está conectada a la caja de engranajes 850. Unas ruedas de polea 856 y 858 y una correa 860 conectan la caja de engranajes 850 al eje de accionamiento 862, el cual, a su vez, acciona la rueda de accionamiento 864. De este modo, el motor puede accionar la rueda de accionamiento o, en una situación en la que no hay disponible energía, puede utilizarse la manivela 852 para accionar la rueda de accionamiento y hacer girar el pedestal alrededor del pilar 802.

Como se muestra en las Figuras 40 y 47, el mecanismo de bloqueo 816 comprende un motor eléctrico 870 que, a su vez, hace girar una caja de engranajes 872 para tirar de, o empujar, una barra 874. El hecho de tirar o empujar la barra 874 hace que el miembro de bloqueo 876 gire. El miembro de bloqueo 876 tiene un resalte 878 que gira dentro de, y se acopla a, una ranura en el suelo de la sala de operaciones. Una manivela 880 sobre el eje 882 también hace girar, a su vez, la caja de engranajes 872, para tirar de, o empujar, manualmente, la barra 874. Una barra de interconexión 884 desviada mediante un muelle, interfiere con la manivela y debe ser manipulada para retirarla con el fin de accionar manualmente el mecanismo de bloqueo 816.

Una realización de una unidad de imán de acuerdo con los principios de esta invención se indica de forma general con 900 y 902 en las Figuras 50 – 53. Las unidades de imán 900 y 902 están adaptadas para ser montadas en lados opuestos de un soporte, para estar sobre lados opuestos de un sujeto que está sobre un soporte. Las unidades de imán 900 y 902 son similares en cuanto a su construcción a las unidades 28 y 30 de la realización descrita anteriormente, y números de referencia correspondientes indican partes correspondientes a través de las diversas figuras de los dibujos. Al igual que las unidades de imán 28 y 30, las unidades de imán 900 y 902 de la invención comprenden un imán y un mecanismo para mover el imán. También, al igual que las unidades de imán 28 y 30, las unidades 900 y 902 proporcionan por lo menos tres movimientos para cambiar la posición y la orientación de los imanes para cambiar, de este modo, la dirección del campo magnético neto aplicado a la región de operación en un sujeto que está sobre el soporte. Más específicamente, las unidades 900 y 902 mueven, cada una, el imán hacia y alejándose de la región de operación (traslación en la dirección z), hacen girar el imán alrededor de un eje paralelo a la dirección z (rotación alrededor de un eje θ); y hacen girar el imán alrededor de un eje perpendicular al eje θ (giro alrededor de un eje ϕ). Como se describió anteriormente, los imanes de las unidades 900 y 902 están diseñados y configurados de forma tal que, con esos tres movimientos, éstos pueden proporcionar un campo magnético en cualquier dirección en la región de operación.

Sin embargo, a diferencia de las unidades 28 y 30, las unidades 900 y 902 proporcionan un cuarto movimiento: una rotación ψ alrededor de un eje ψ a través de la región de operación, y preferentemente un eje paralelo al eje longitudinal del sujeto y del soporte a través de la región de operación. En la realización preferida, el eje ψ es el eje de rotación del brazo en C 500. Este movimiento adicional, que preferentemente está coordinado, permite a los imanes moverse alrededor de la región de operación para adecuar el equipo de obtención de imágenes, a la vez que se mantiene la configuración de forma general opuesta de los imanes y, de este modo, se permite que las unidades de imán mantengan la dirección y fuerza del campo magnético aplicado a la región de operación.

En la realización de la invención, las unidades de imán 900 y 902 permiten el movimiento coordinado de sus respectivos imanes alrededor del eje ψ en 15° positivos y negativos. Por supuesto, podría proporcionarse un rango de movimiento mayor o menor y, además, el movimiento no tiene por qué ser coordinado si el sistema de control puede tomar en consideración los cambios en la ubicación relativa de los imanes cuando se controlan los otros tres movimientos permitidos de los imanes para lograr la dirección y fuerza deseados del campo.

Como se muestra en las Figuras 50 – 51, se proporciona preferentemente un brazo en C 500 para la obtención de imágenes de la región de operación en un sujeto que está sobre el soporte. El brazo en C 500 rota alrededor de un eje paralelo al eje longitudinal del sujeto sobre el soporte. Sin embargo, las unidades de imán 28 y 30 de la primera realización pueden a veces interferir con la obtención de imágenes en ciertos planos, por ejemplo, en el plano Oblicuo Anterior Izquierdo (OAI) y en el plano Oblicuo Anterior Derecho (OAD), en los cuales la fuente de rayos X 34 y el receptor de rayos X 36 están orientados para obtener imágenes en planos a 45° desde la horizontal, sobre los lados derecho e izquierdo del sujeto. Estas son imágenes útiles para los médicos, quienes están familiarizados con éstas y

- 5 por lo tanto, están cómodos trabajando con tales imágenes. Dependiendo del equipo de obtención de imágenes y de los imanes, para lograr la obtención de imágenes OAI u OAD puede ser necesario mover los imanes alejándolos del brazo en C. En la segunda realización preferida mostrada en las Figuras 50 – 53, las unidades 900 y 902 permiten el movimiento coordinado de los imanes alrededor de la región de operación (y, más específicamente, alrededor del eje ψ) en 15° positivos o negativos, lo cual es suficiente para adaptarse al movimiento de 45° positivos o negativos del brazo en C 500.
- 10 A medida que el imán se mueve debido al movimiento de sus respectivas unidades de imán 900 y 902, el sistema controla los imanes que se trasladan a lo largo de sus respectivos ejes z, que rotan alrededor de sus respectivos ejes θ , y que giran alrededor de sus respectivos ejes ϕ , para mantener la dirección del campo magnético aplicado en la región de operación en el sujeto.
- Como se muestra en la Figura 50, las unidades de imán 900 y 902 hacen rotar sus respectivos imanes alrededor del eje ψ para acomodar el brazo en C 500, girando hasta la posición de obtención de imagen OAD, y, como se muestra en la Figura 51, las unidades de imán 900 y 902 hacen rotar sus respectivos imanes alrededor del eje ψ para acomodar el brazo en C, girando hasta la posición de obtención de imagen OAI.
- 15 Como se muestra en la Figura 52, las unidades de imán 900 y 902 hacen rotar sus respectivos imanes alrededor del eje ψ para adaptarse a una posición excéntrica del sujeto sobre el soporte. El posicionamiento de los imanes de forma giratoria alrededor de la región de operación permite que los imanes sean posicionados más cerca de la región de operación que si los imanes no pudieran moverse y permaneceran a los lados del sujeto. En la posición mostrada en la Figura 52, los imanes pueden extenderse a lo largo del eje z para estar lo más próximos posible a la región de operación.
- 20 Como se muestra en la Figura 53, cada uno de los imanes es llevado sobre un carro 904. Los carros tienen, cada uno, mecanismos como los descritos anteriormente con respecto a las unidades de imán 28 y 30 para mover los imanes en la dirección z, hacer rotar los imanes alrededor de la dirección θ y hacer girar los imanes alrededor del eje ϕ . Cada uno de los carros 904 tiene un riel curvo 906 que es, preferentemente, un arco de un círculo centrado en el eje ψ . Cada uno de los carros tiene unos rodillos 908 que siguen el riel 906. Cada uno de los carros 904 tiene, también, un carrete 910 impulsado por un motor y una polea 914, y un cable 912 se extiende desde el carrete 910 sobre la polea 914 y está anclado sobre el carro 904. A medida que el carrete 910 enrolla el cable 914, el carro 904 es tirado hacia arriba a lo largo del riel 906 y, a medida que el carrete 910 desenrolla el cable 914, el carro es descendido a lo largo del riel 906.
- 25 Las unidades de imán 900 y 902 están controladas preferentemente de forma tal que, a medida que el carro 904 que está sobre la unidad 900 se eleva, el carro 904 que está sobre la unidad 902 desciende. De este modo, los imanes de las dos unidades permanecen sobre lados sustancialmente opuestos de la región de operación. Durante el funcionamiento, las unidades de imán 900 y 902 son operadas, de forma típica, con sus carros en una posición horizontal, como se muestra en la Figura 53. Cuando los médicos requieren una vista OAD, se accionan las unidades de imán 900 y 902 de forma tal que el carro 904 de la unidad de imán 900 asciende y el carro 904 de la unidad de imán 902 desciende, para adecuar la rotación del brazo en C 500 a la posición OAD. De forma similar, cuando los médicos requieren una vista OAI, se accionan las unidades de imán 900 y 902 de forma tal que el carro 904 de la unidad de imán 900 desciende y el carro 904 de la unidad de imán 902 asciende, para adecuar la rotación del brazo en C 500 a la posición OAI.
- 30 Las mejoras y ventajas de la segunda realización preferida descritas anteriormente serán fácilmente evidentes a un experto en la técnica, como para permitir un rango completo de obtención de imágenes por rayos X a la vez que se mantiene una continua capacidad de navegación magnética. Debería notarse que el control de las unidades de imán 28 y 30 del sistema de navegación y otros diversos controles de movimiento podrían realizarse mediante una entrada de usuario procedente de un dispositivo de entrada tal como una palanca de mando, un ratón, un puntero situado a mano, o podría ser controlado automáticamente por un ordenador. Pueden incorporarse, sin apartarse del espíritu y alcance de la invención, consideraciones de diseño adicionales, tales como las mejoras indicadas anteriormente para mantener una dirección deseada del campo magnético a través de un rango de rotación de una unidad de imán. De igual manera, pueden guiarse de forma remota una variedad de dispositivos médicos tales como catéteres, cánulas, sondas, microcatéteres, endoscopios y otros elementos conocidos para aquéllos expertos en la técnica, según los principios explicados en este documento.
- 35
40
45
50

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de navegación para hacer navegar un dispositivo en una región de operación en un sujeto, comprendiendo el sistema:
 - 5 un sistema de obtención de imágenes (32) llevado sobre un brazo en C adyacente al sujeto para obtener imágenes de la región de operación en el sujeto, pivotando el brazo en C alrededor de un eje de obtención de imágenes para permitir la obtención de imágenes de la región de operación en diferentes planos; y
 - 10 un par de unidades de imán opuestas (900, 902) dispuestas sobre lados opuestos del sujeto, adyacentes al brazo en C (500), comprendiendo cada unidad (900, 902) por lo menos un imán (100) y un soporte (200) para cambiar la posición y la orientación de dicho por lo menos un imán (100), para cambiar la dirección del campo magnético aplicado a la región de operación mediante las unidades de imán (900, 902);
 - 15 caracterizado por las unidades (900, 902), que están cada una configurada para mover dicho por lo menos un imán (100) hacia y alejándose de la región de operación a lo largo de un primer eje, para hacer girar dicho por lo menos un imán (100) alrededor de un segundo eje de forma general paralelo al primer eje, y para hacer pivotar dicho por lo menos un imán (100) alrededor de un tercer eje de forma general perpendicular al segundo eje, y para hacer girar dicho por lo menos un imán (100) alrededor del eje de obtención de imágenes y de la región de operación para adecuar el giro del brazo en C (500) y el sistema de obtención de imágenes (32) a la vez que se mantiene la relación de forma general opuesta en lados opuestos de la región de operación para permitir que las unidades de imán (900, 902) mantengan la dirección y la fuerza del campo magnético aplicado a la región de operación.
- 20 2. Un sistema de navegación según la reivindicación 1, en el cual el brazo en C (500) puede girar sobre un rango de por lo menos 45° positivos o negativos desde la vertical.
3. Un sistema de navegación según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el cual las unidades (900, 902) pueden hacer girar los imanes (100) alrededor de la región de operación sobre un rango de por lo menos 15° positivos o negativos desde una posición de forma general horizontal opuesta sobre lados opuestos de la región de operación.
- 25 4. Un sistema de navegación según la reivindicación 1, en el cual cada unidad (900, 902) comprende un riel curvo (906) y una plataforma que lleva montado dicho por lo menos un imán (100) para seguir el riel (906).
5. Un sistema de navegación según la reivindicación 4, en el cual el riel curvo (906) es un arco de círculo.
6. Un sistema de navegación según la reivindicación 5, en el cual el centro del riel circular (906) es el eje de obtención de imágenes.

30

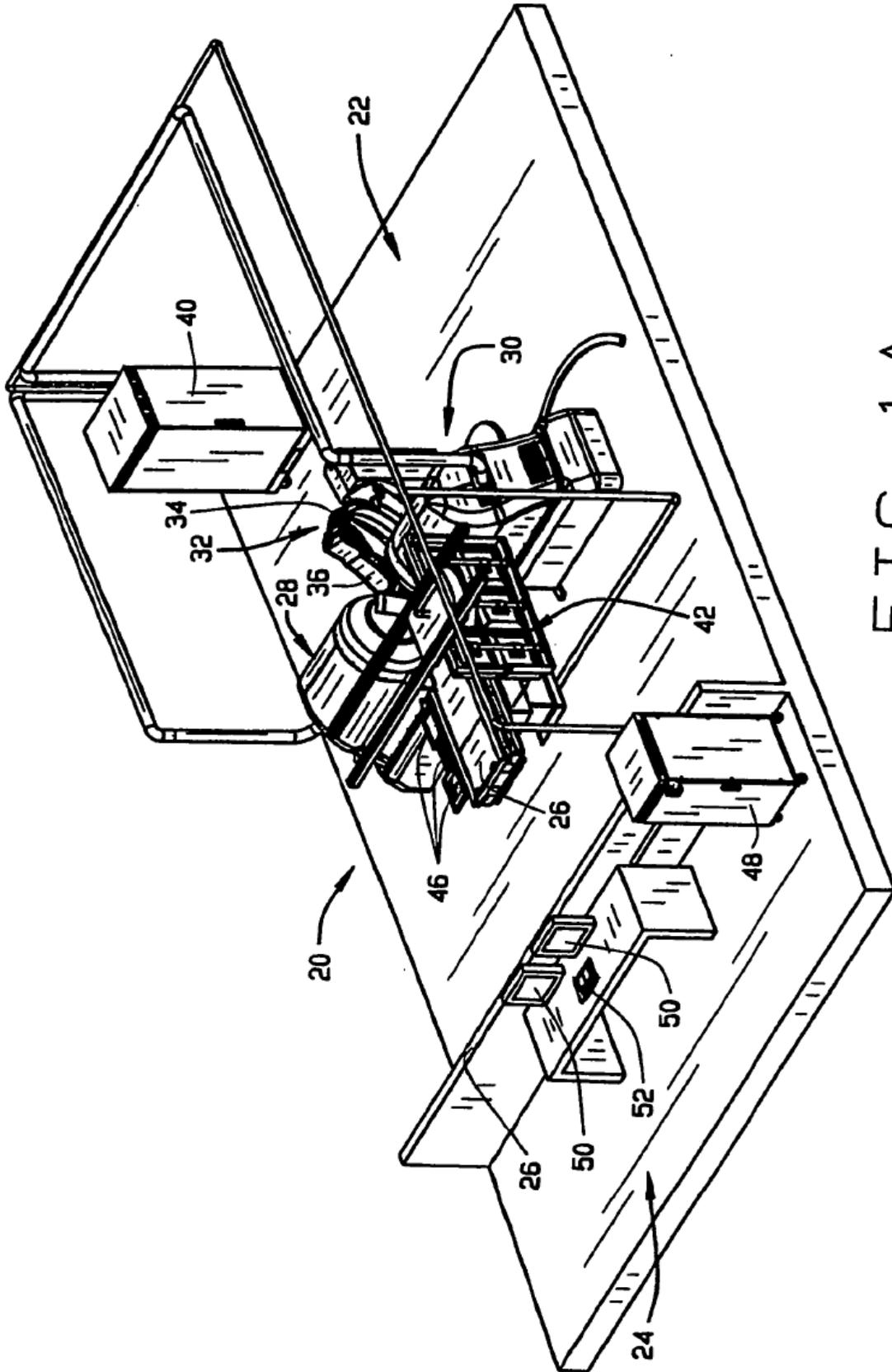


FIG. 1A

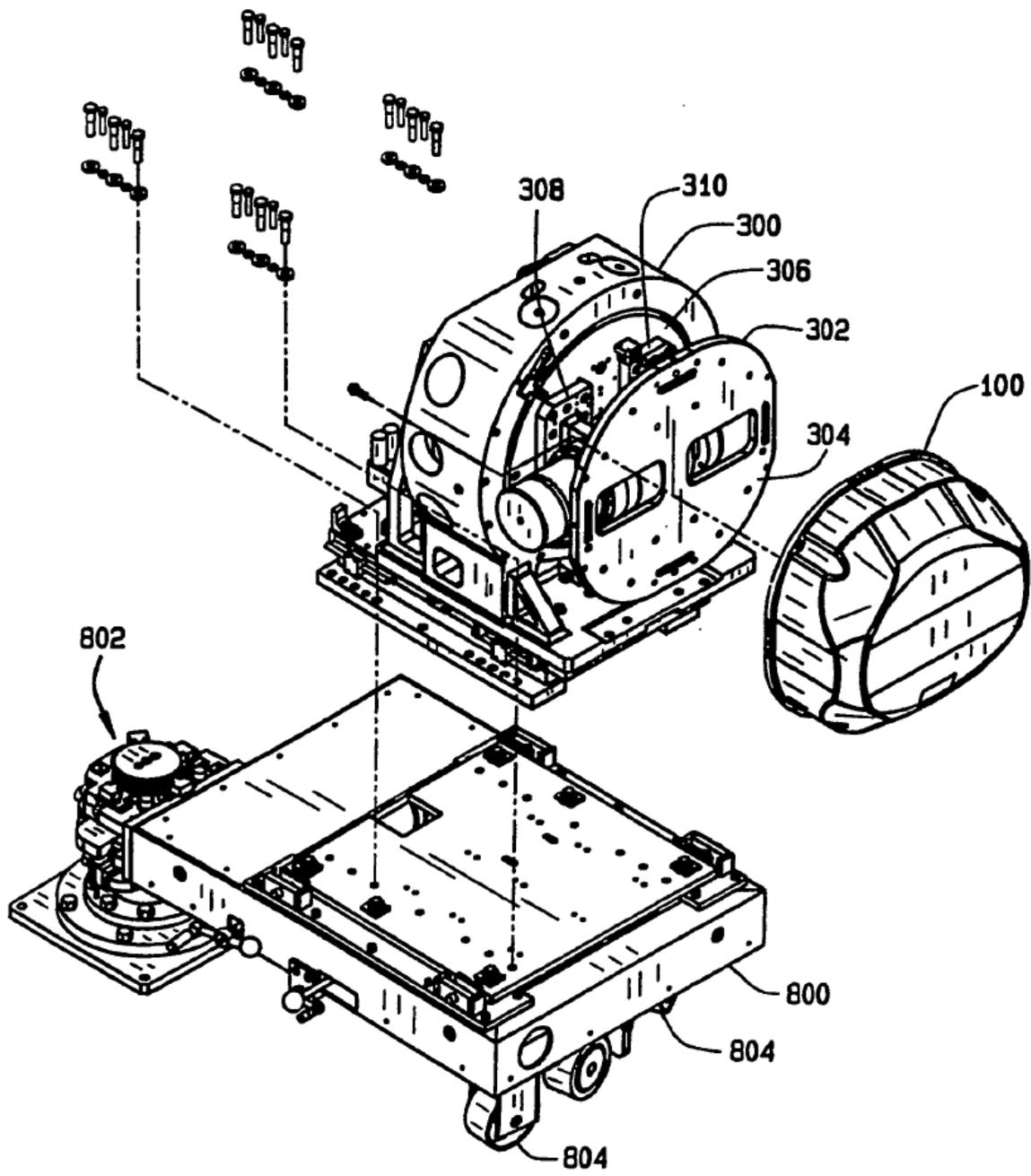


FIG. 2

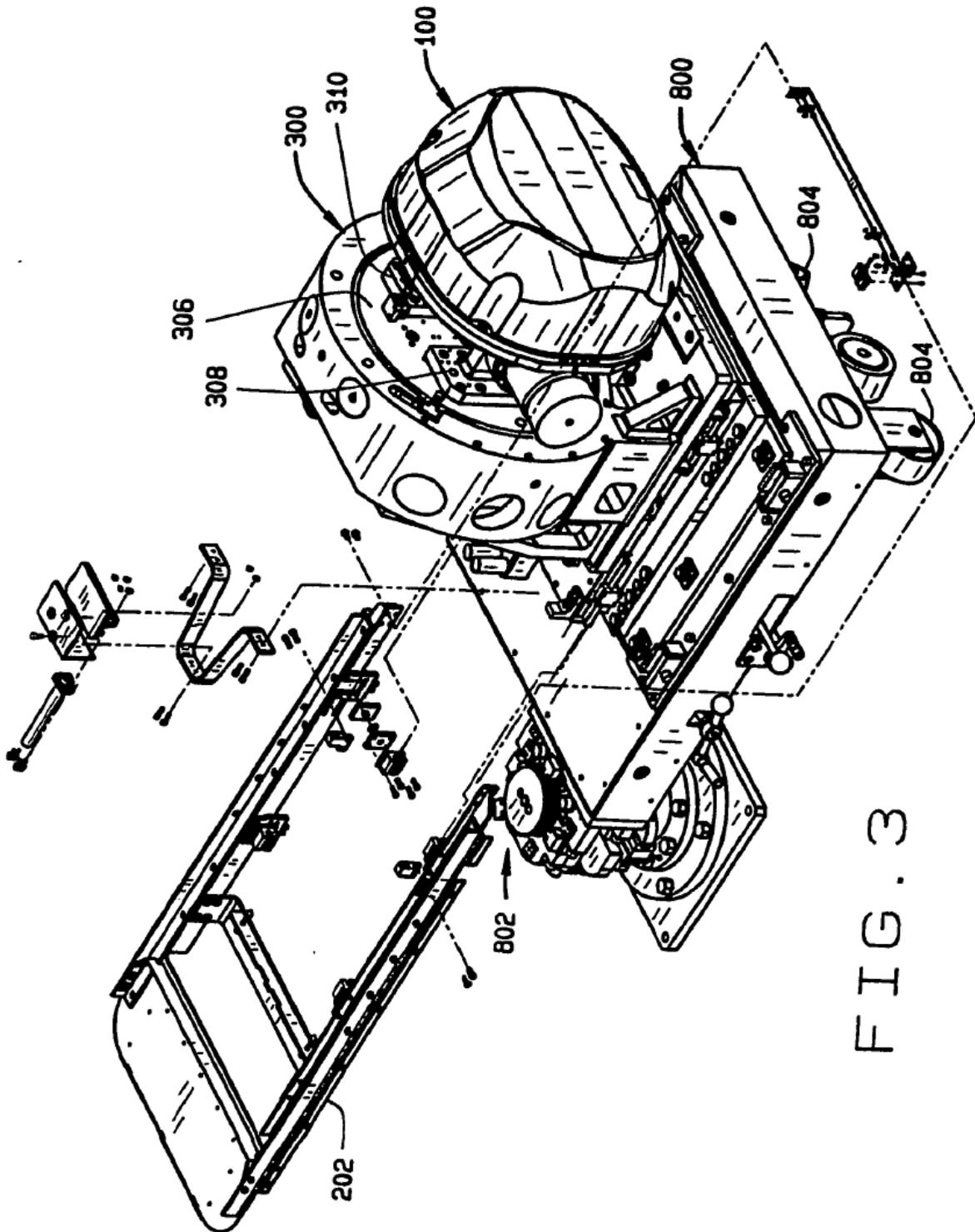


FIG. 3

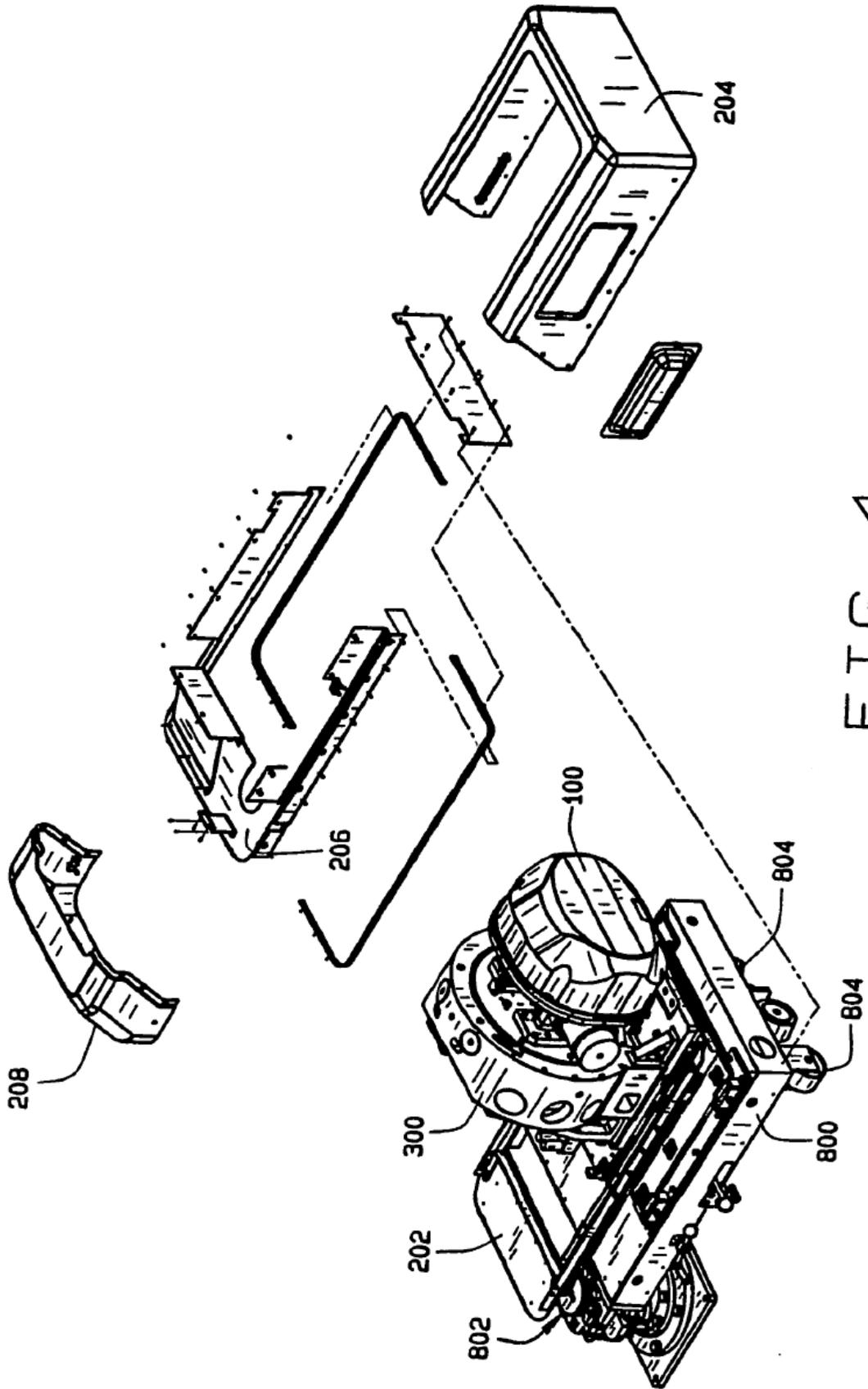


FIG. 4

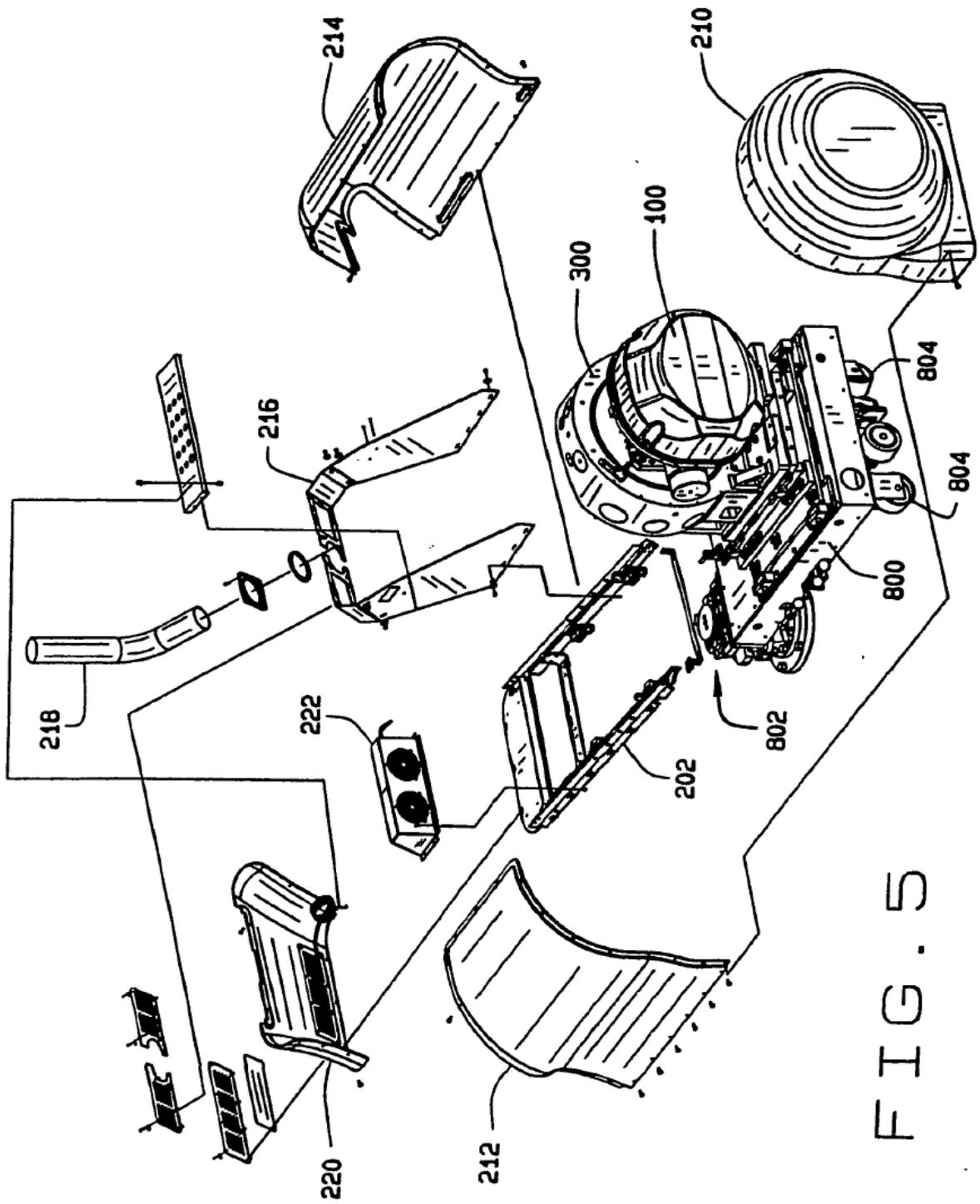


FIG. 5

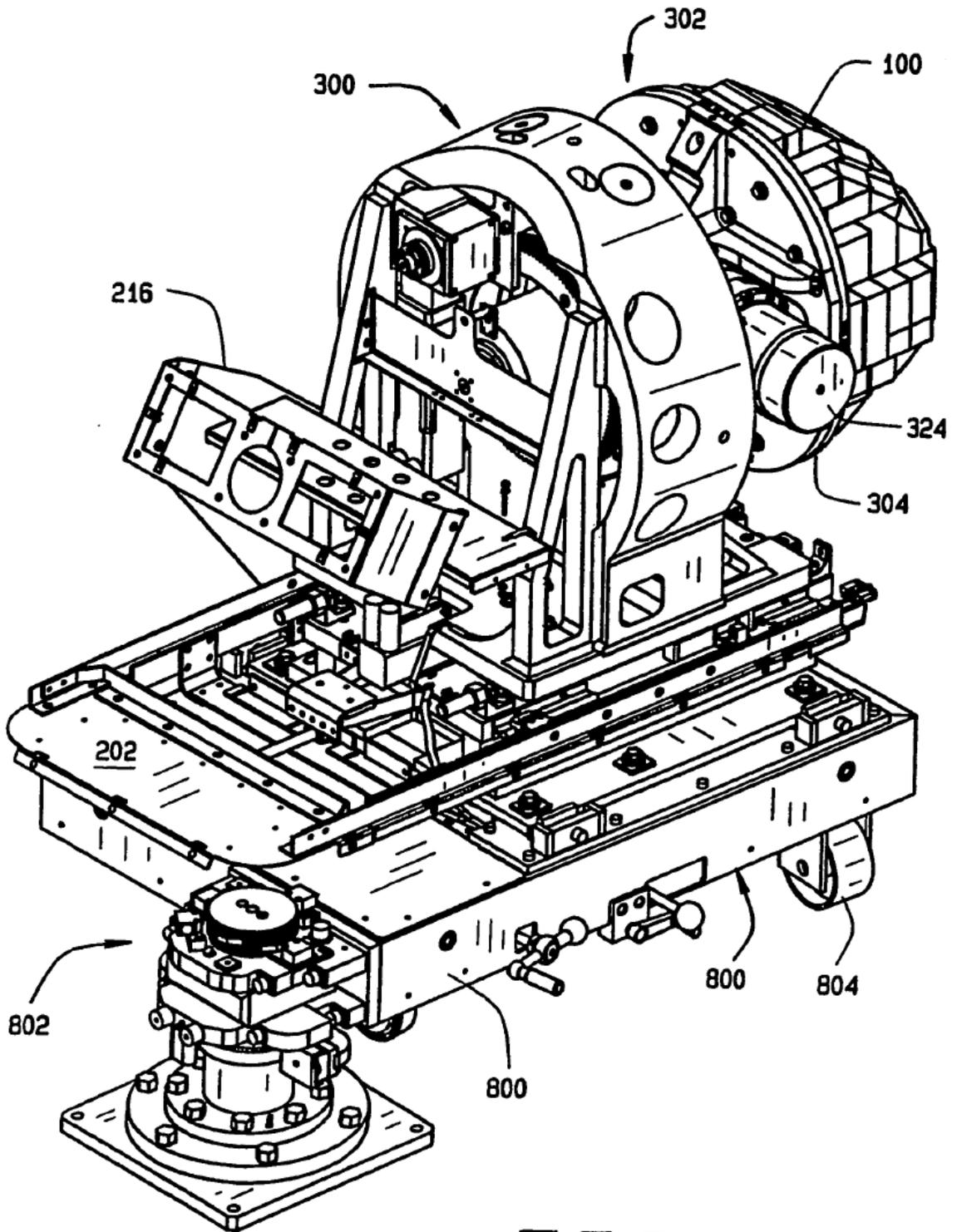


FIG. 6

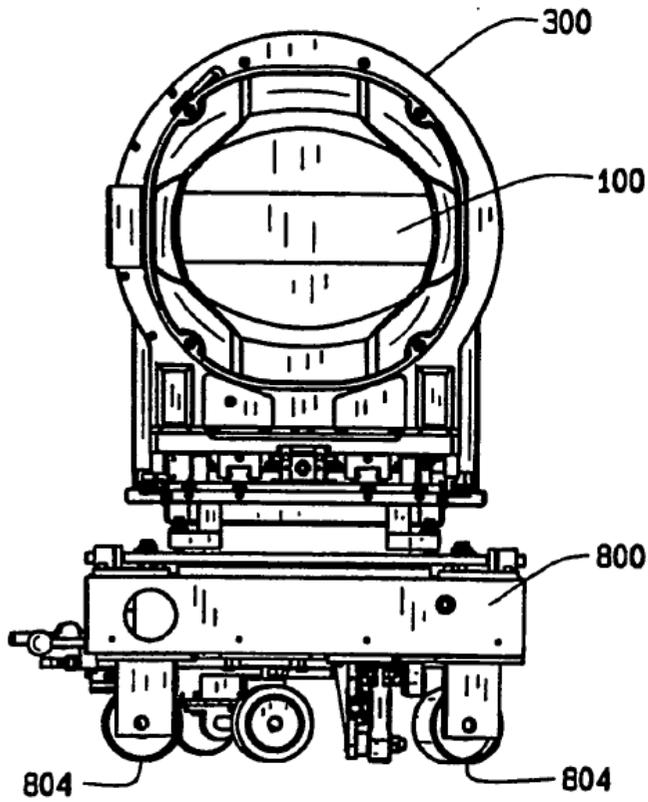


FIG. 7

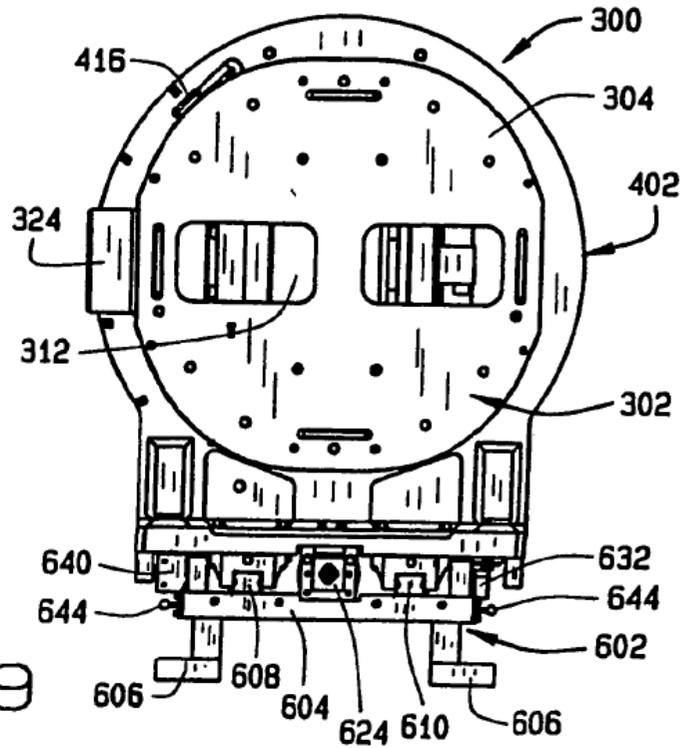


FIG. 9

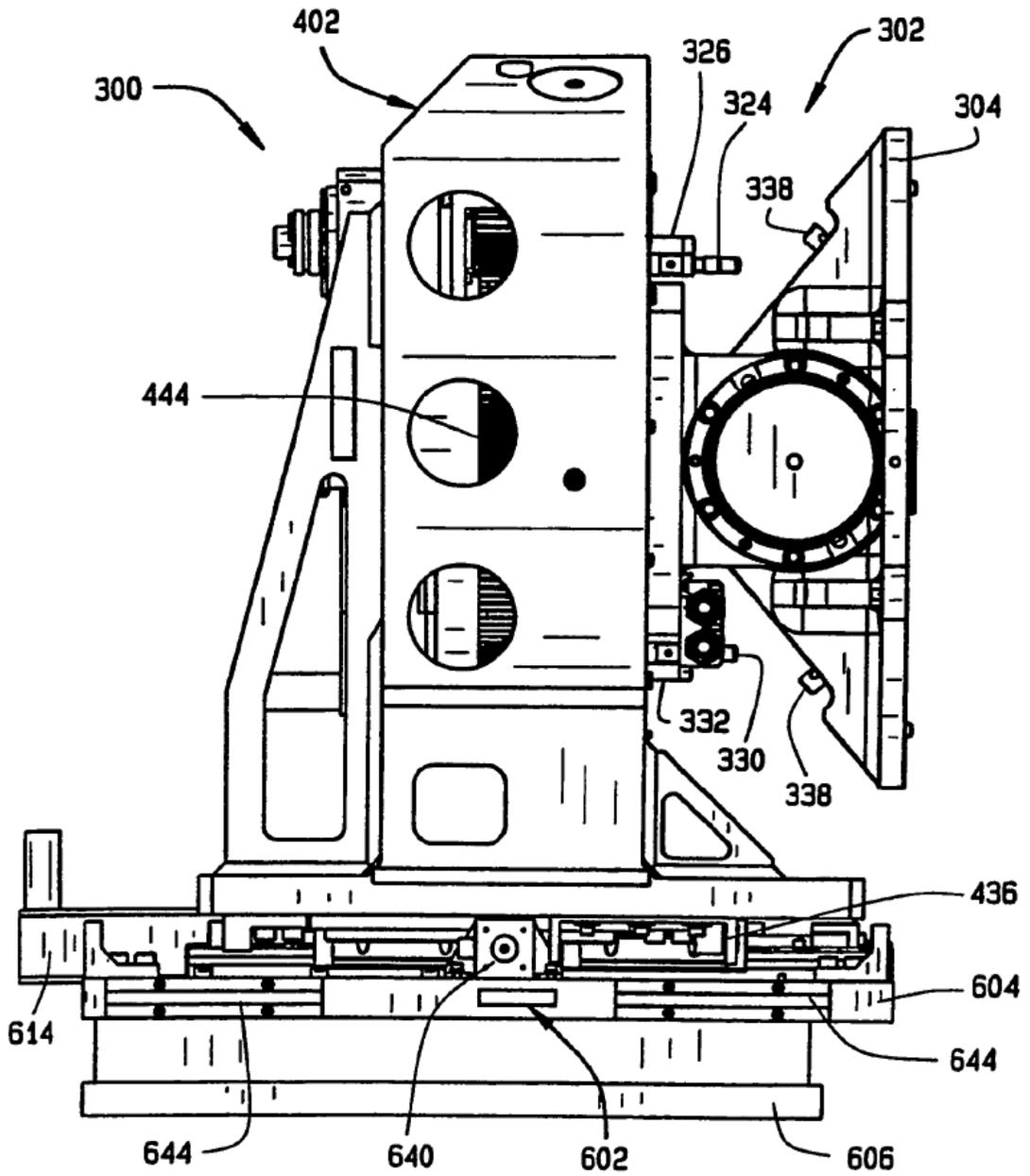


FIG. 10

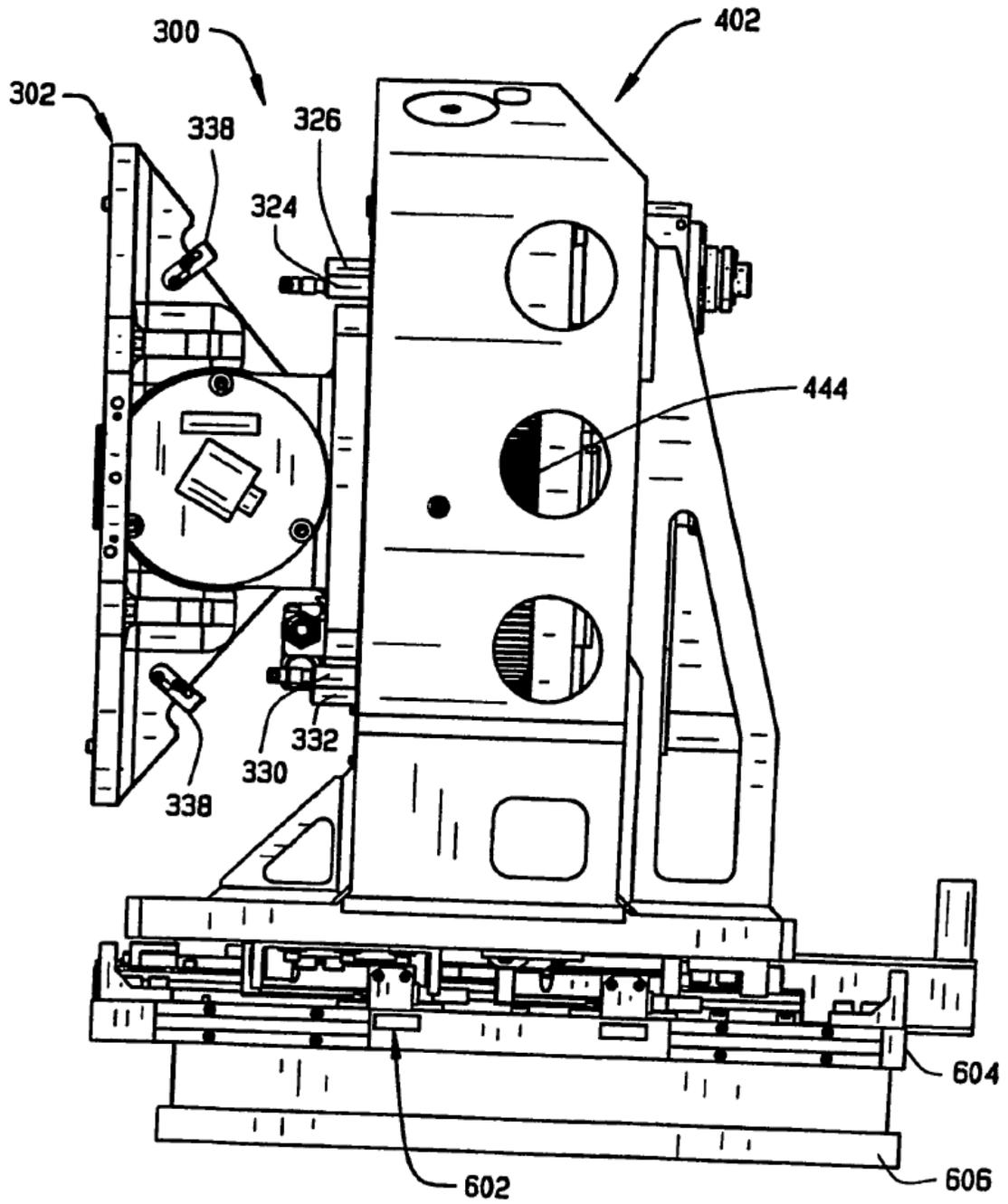


FIG. 11

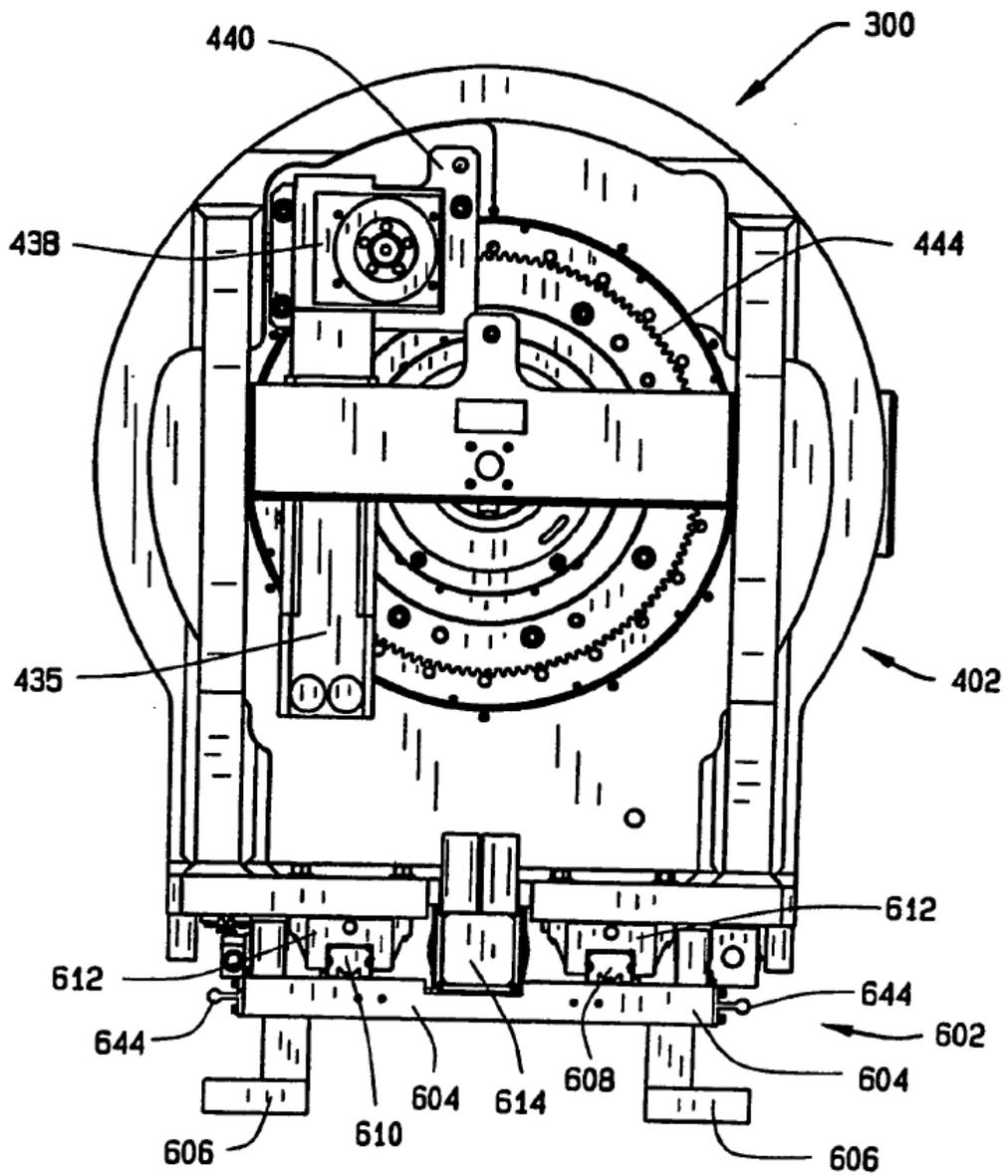


FIG. 12

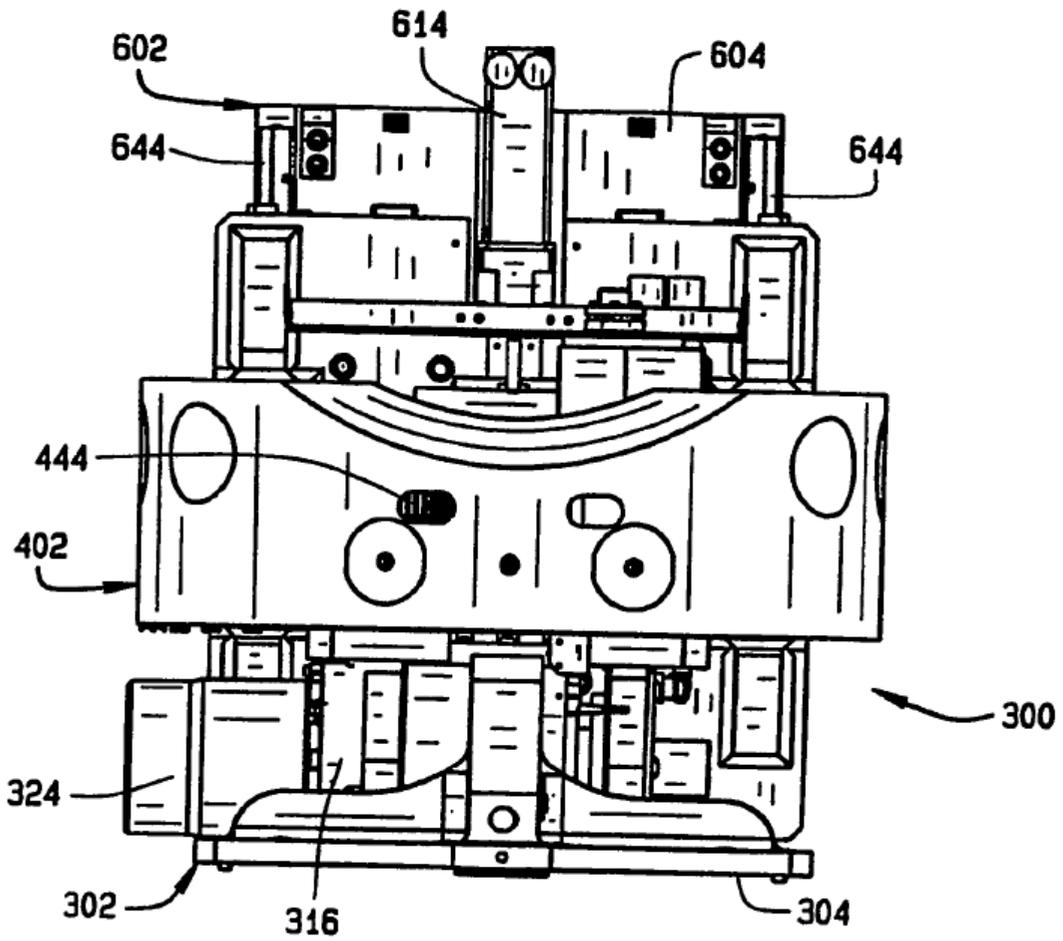


FIG. 13

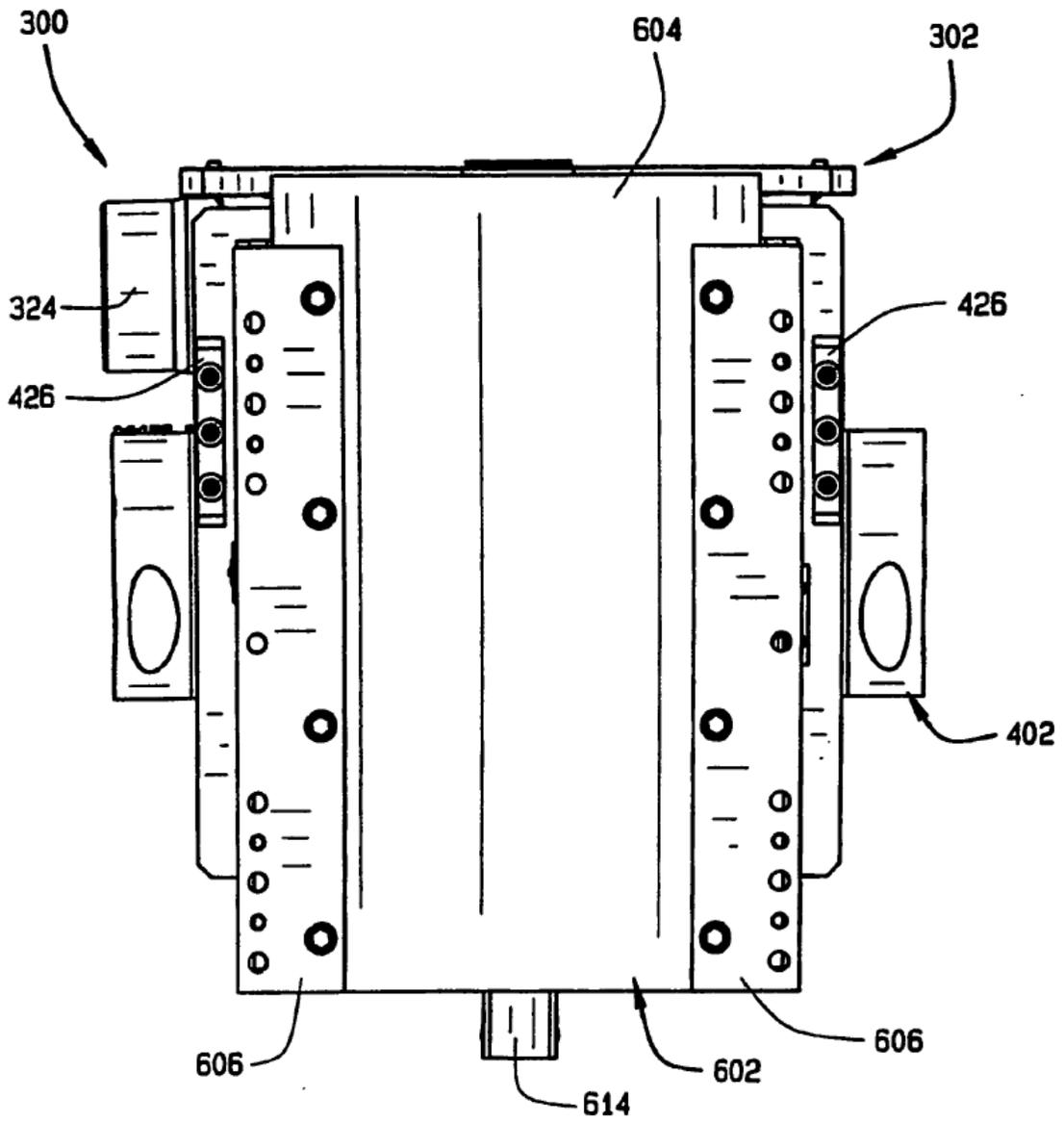


FIG. 14

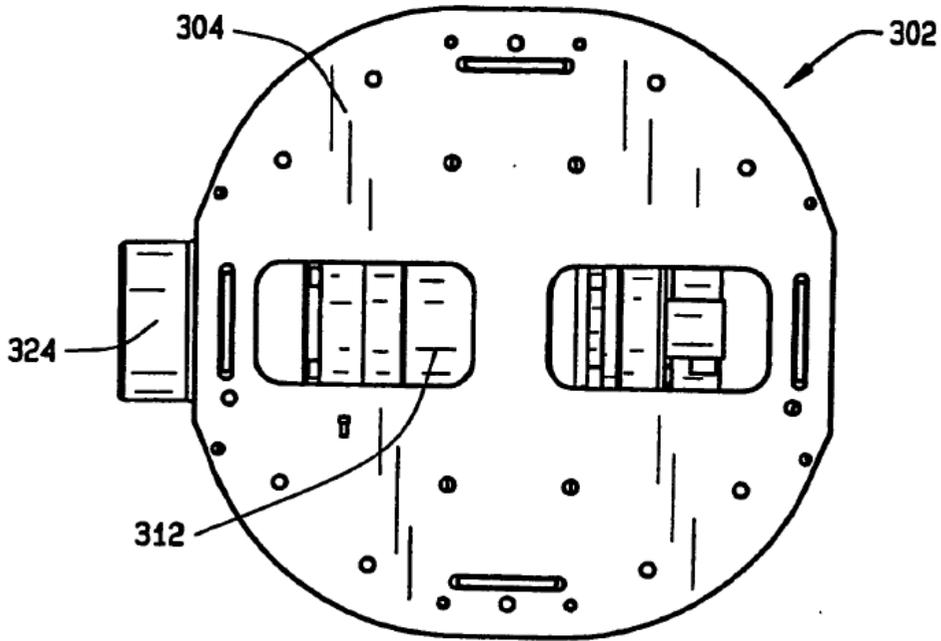


FIG. 15

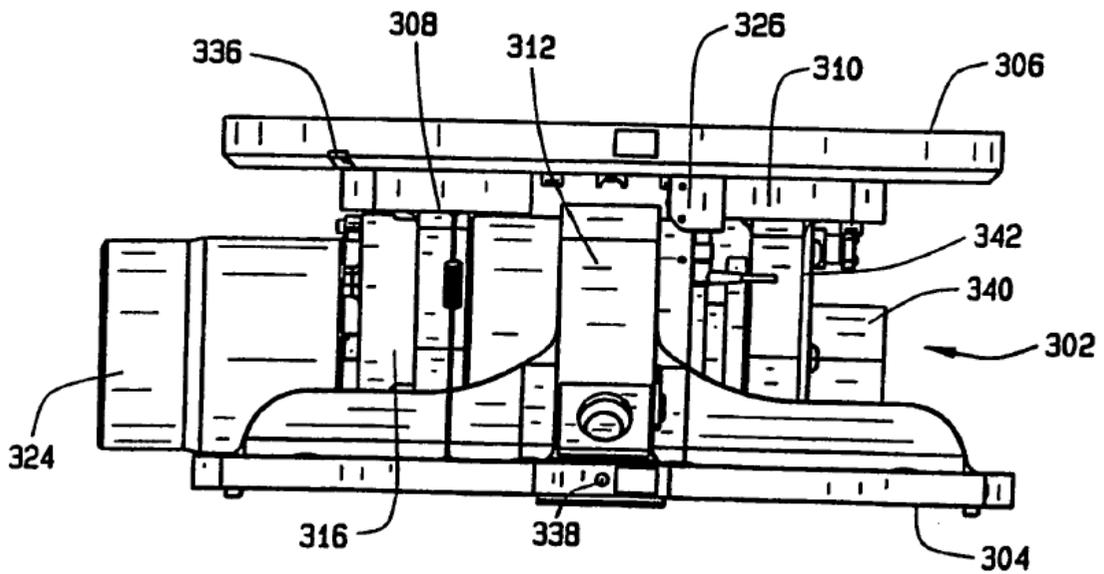


FIG. 16

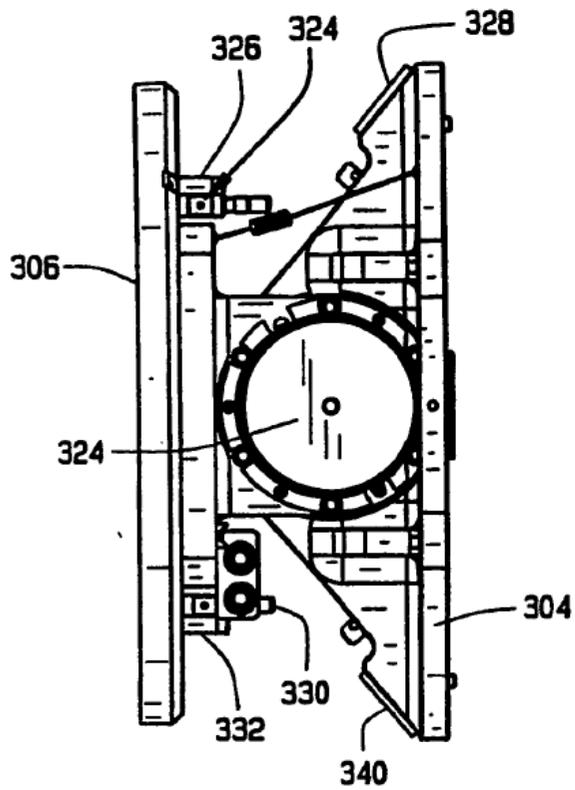


FIG. 17

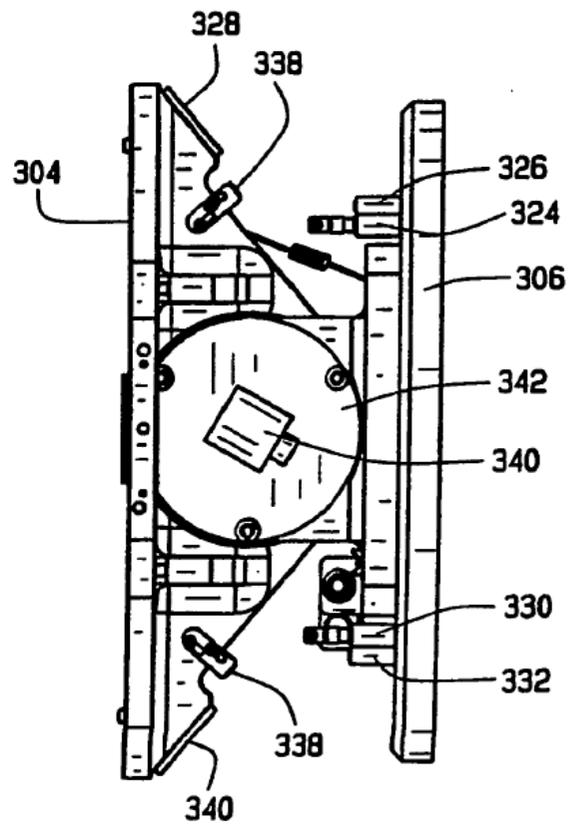


FIG. 18

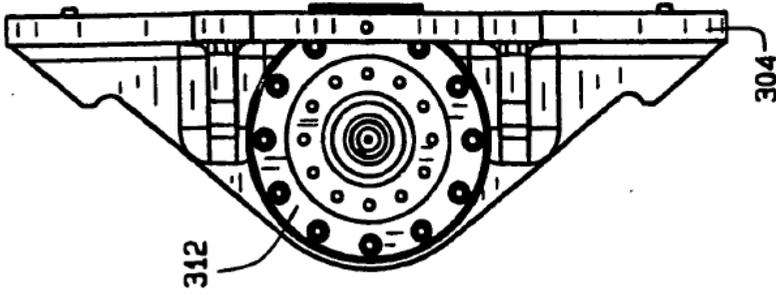


FIG. 21

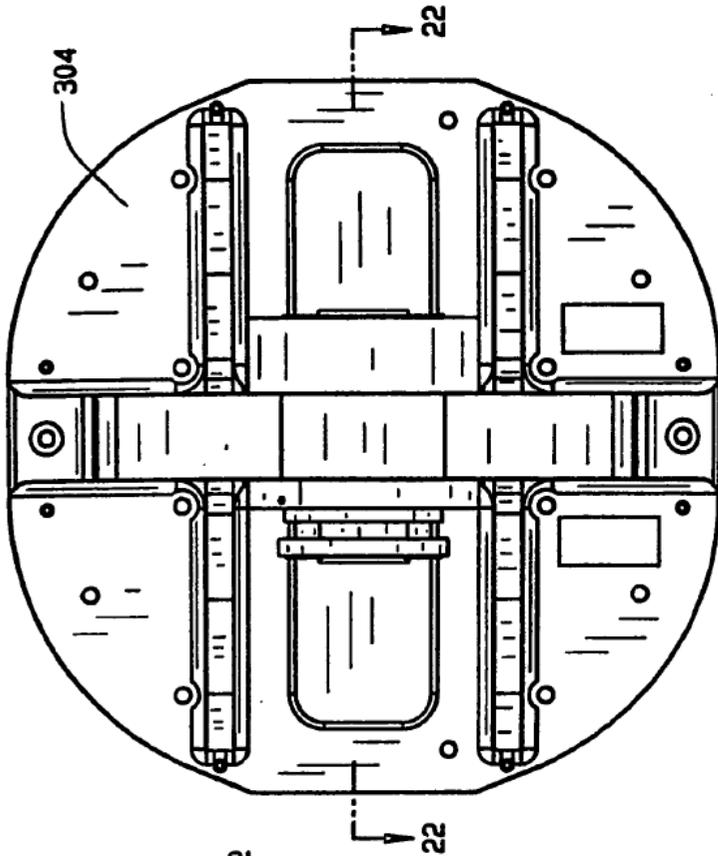


FIG. 19

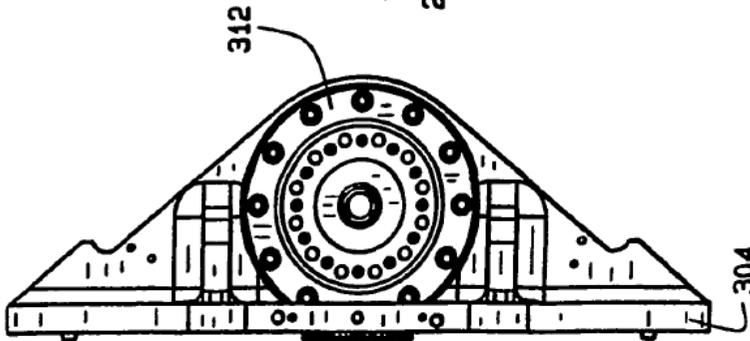


FIG. 20

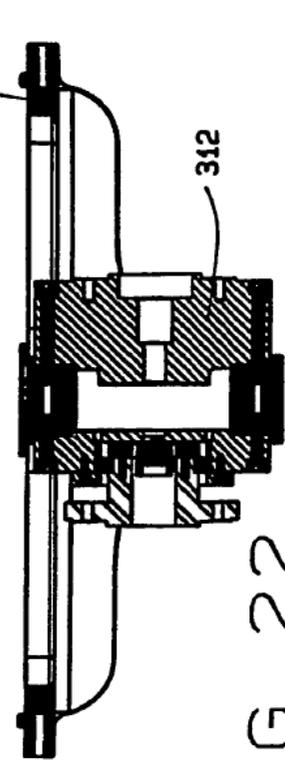


FIG. 22

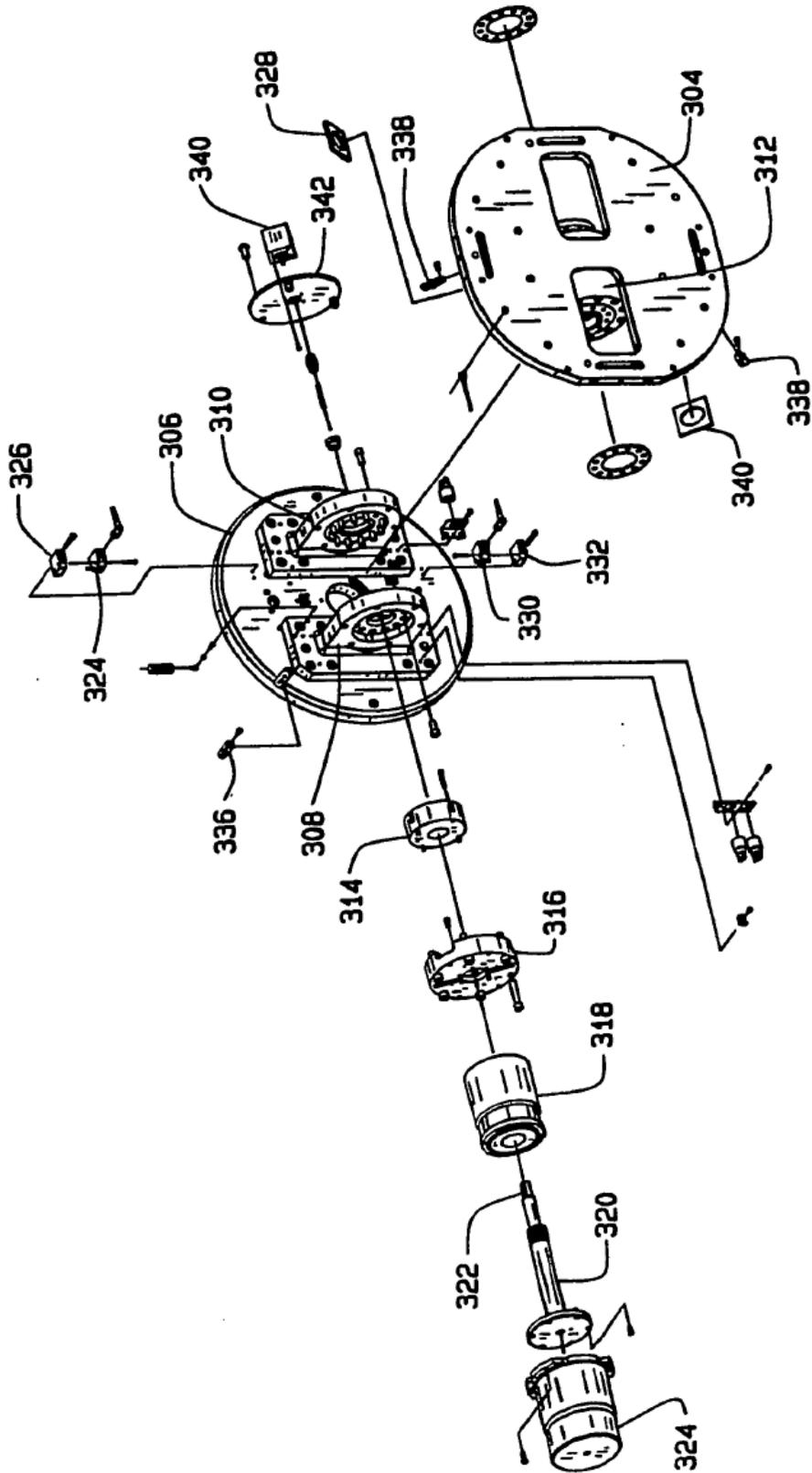


FIG. 23

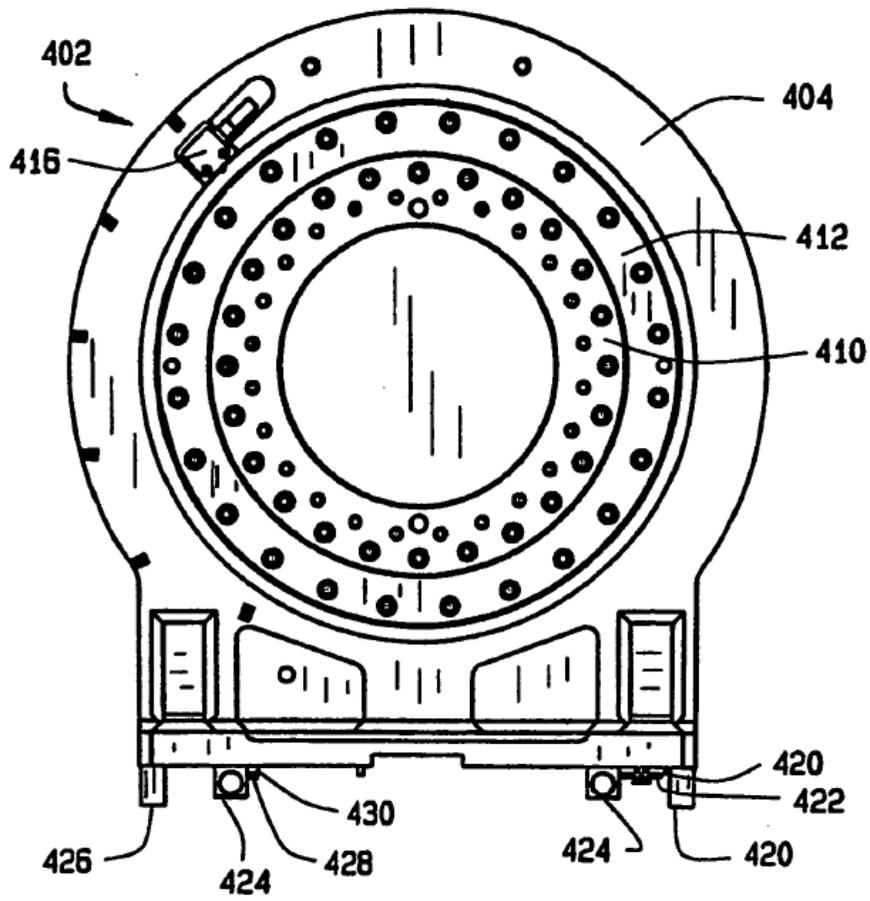


FIG. 24

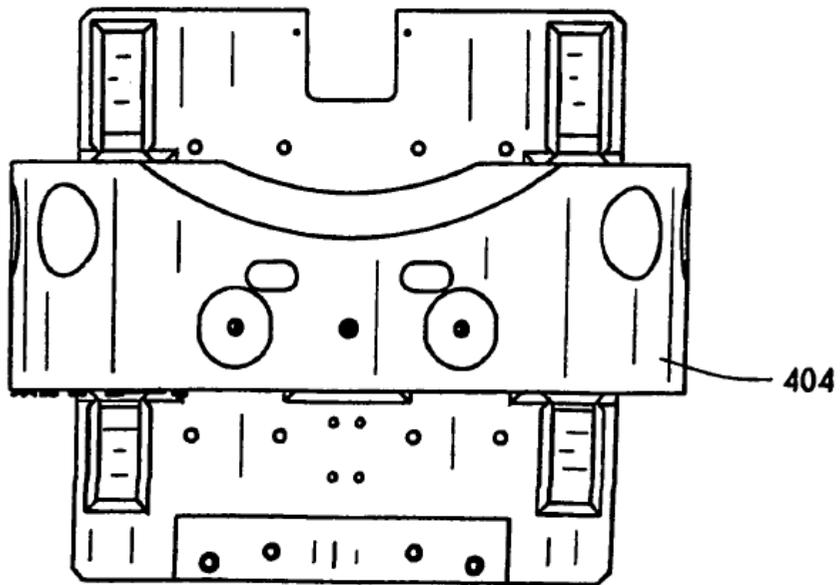


FIG. 25

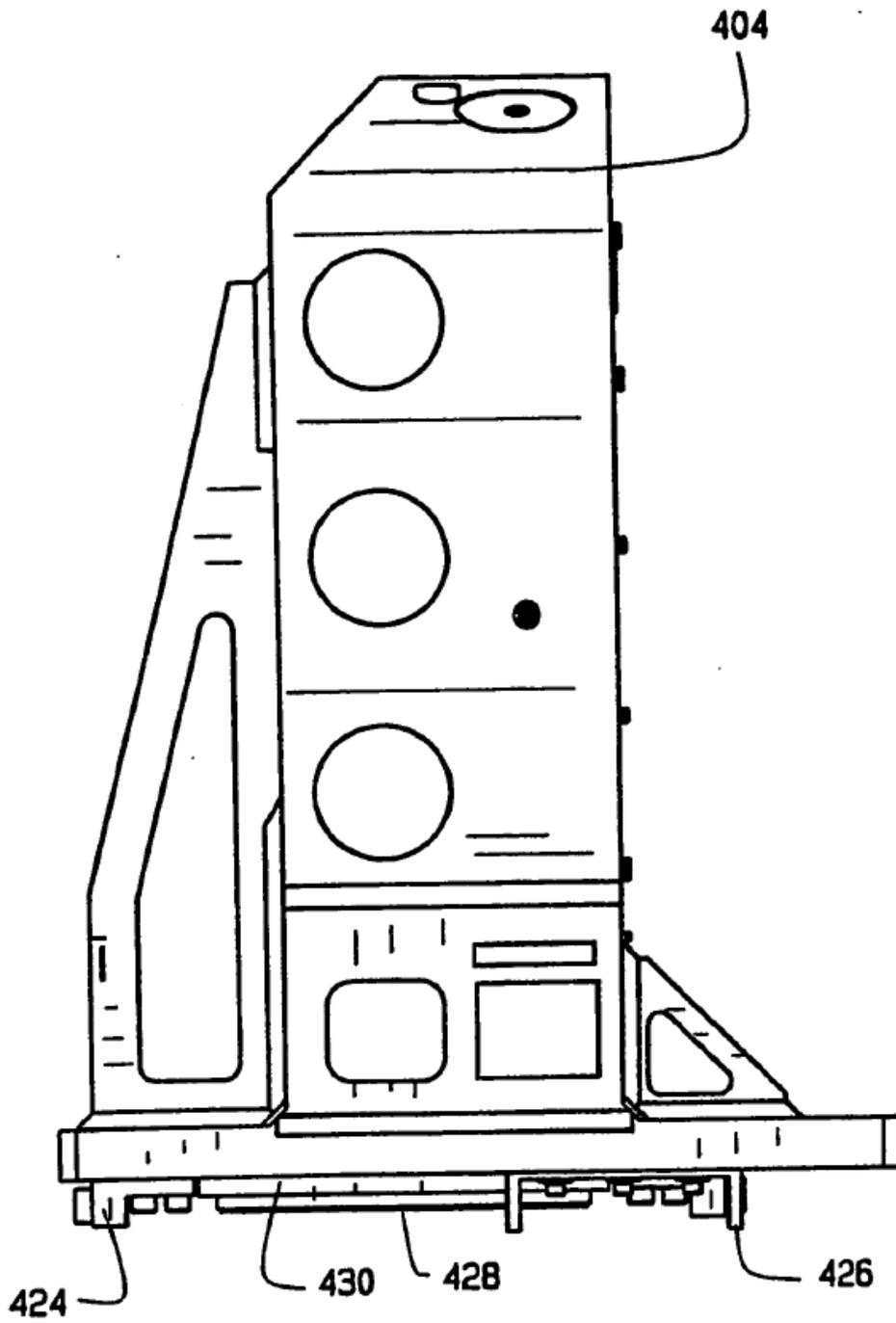


FIG. 26

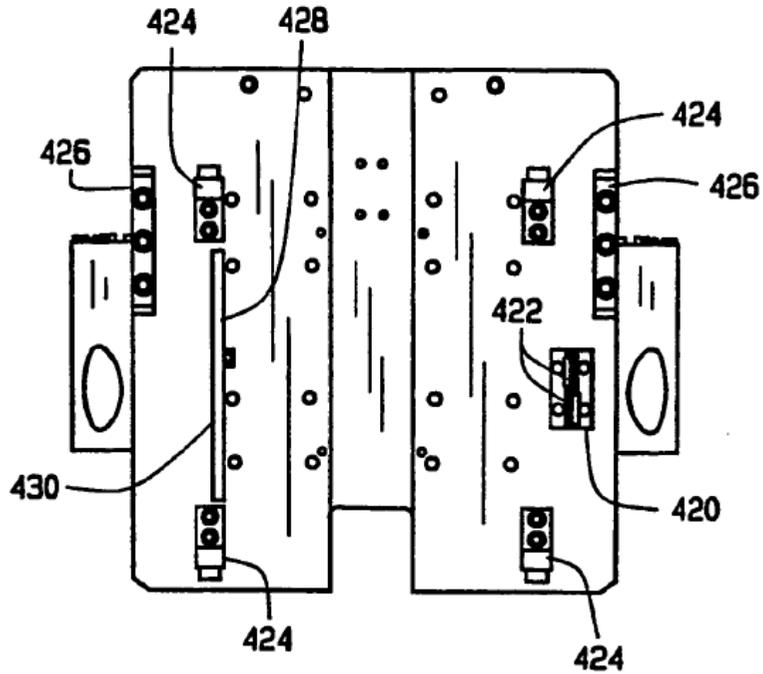


FIG. 27

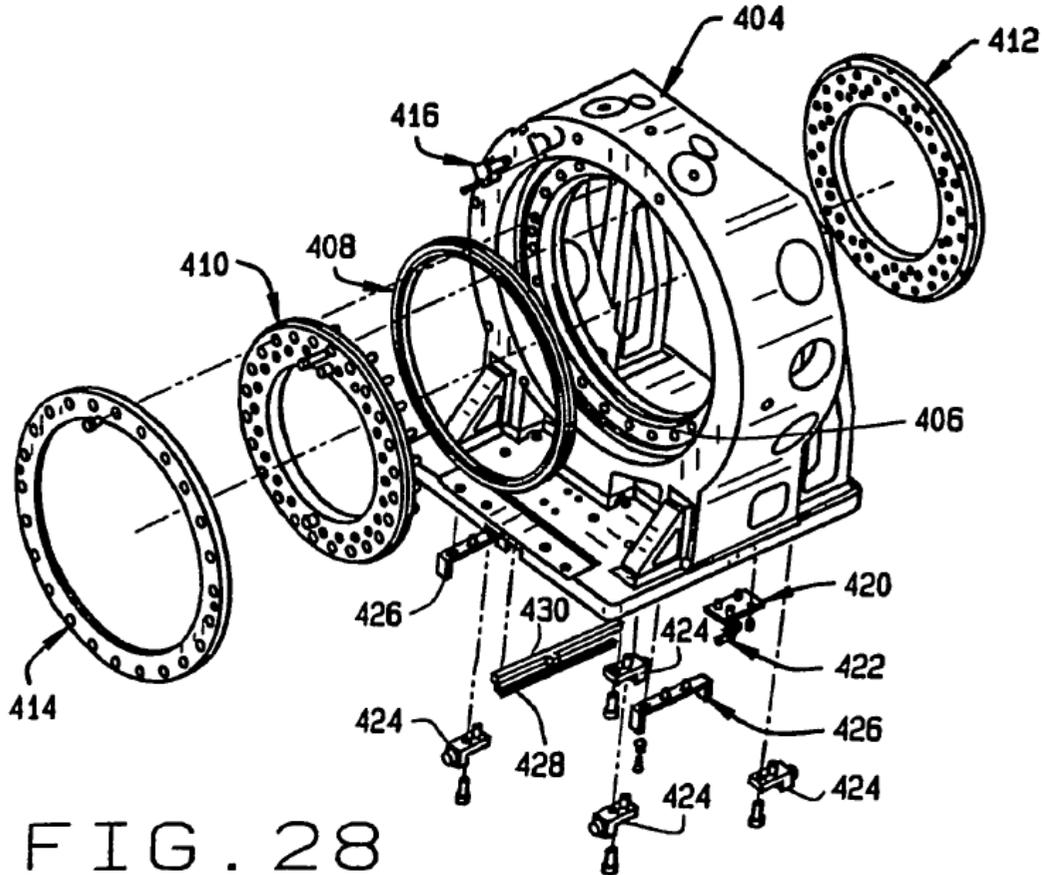


FIG. 28

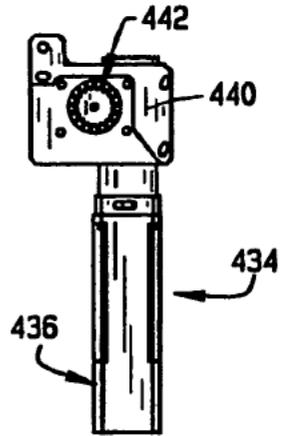


FIG. 29

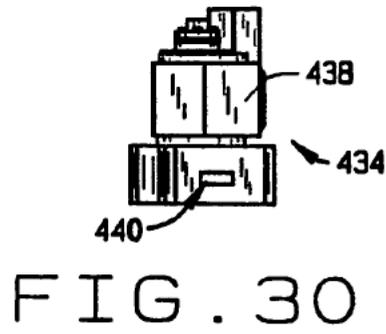


FIG. 30

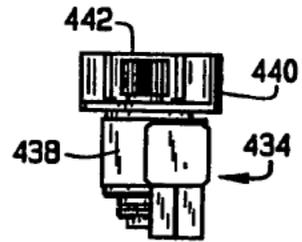


FIG. 31

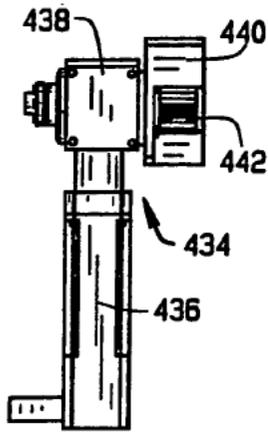


FIG. 32

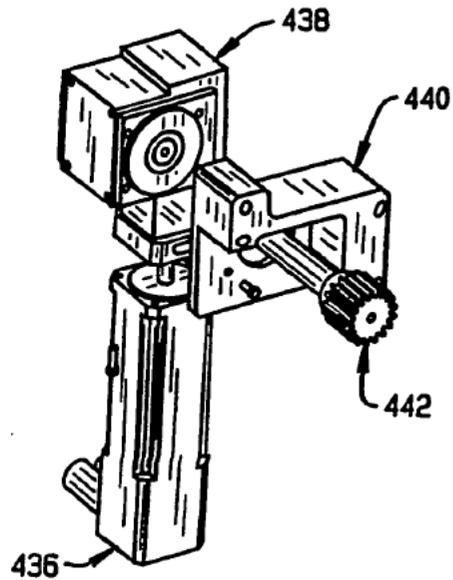


FIG. 33

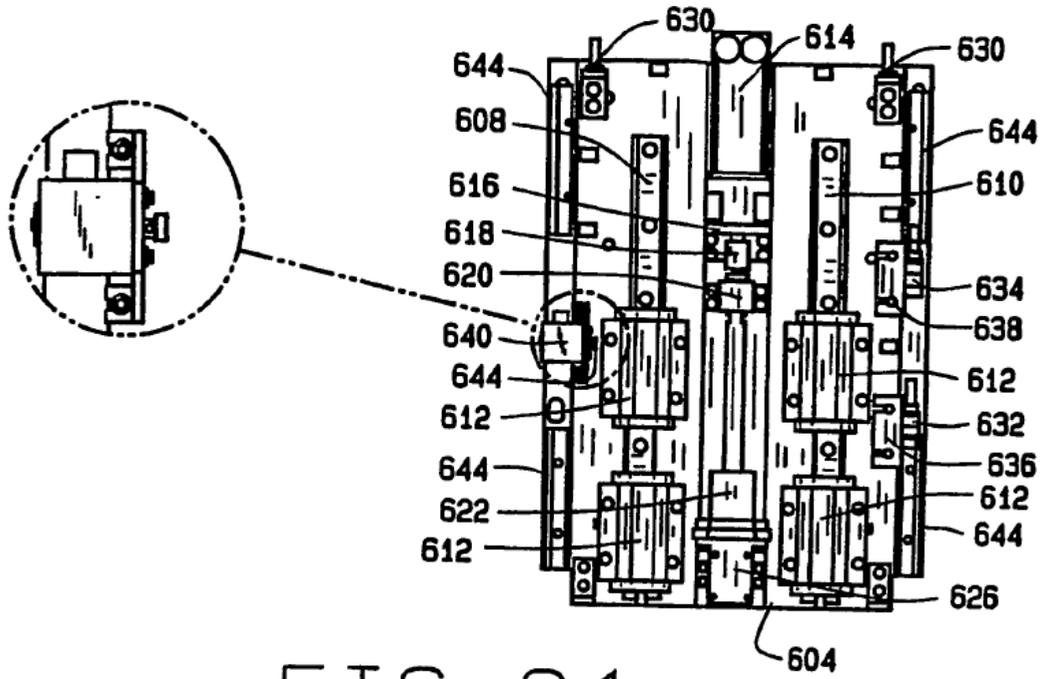


FIG. 34

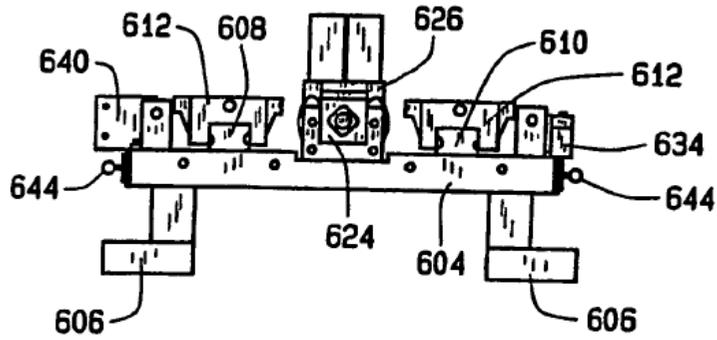


FIG. 35

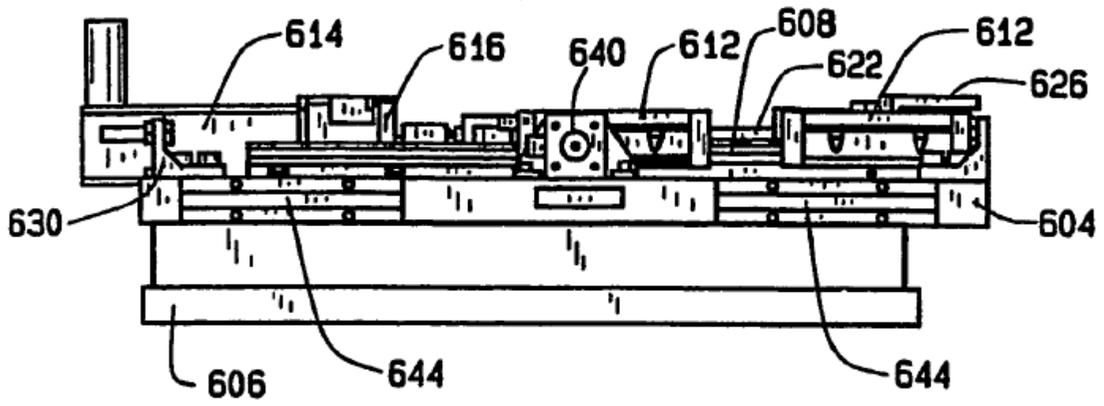


FIG. 36

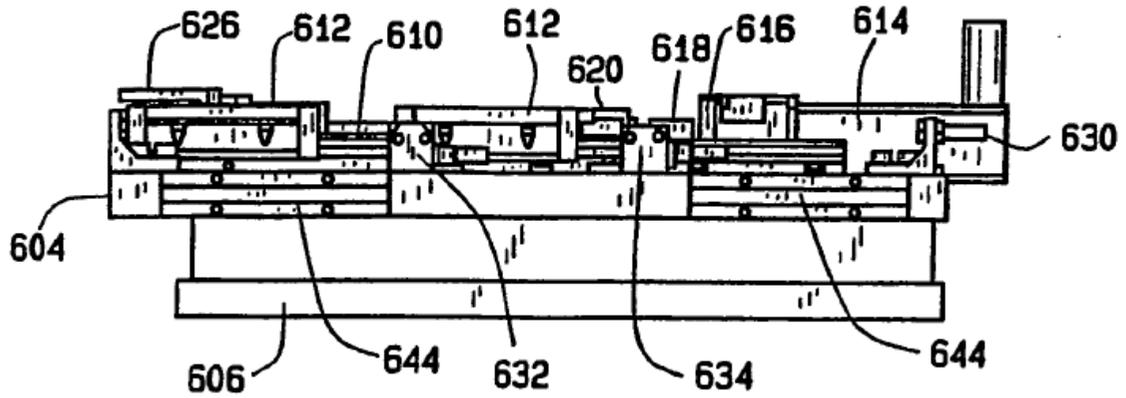


FIG. 37

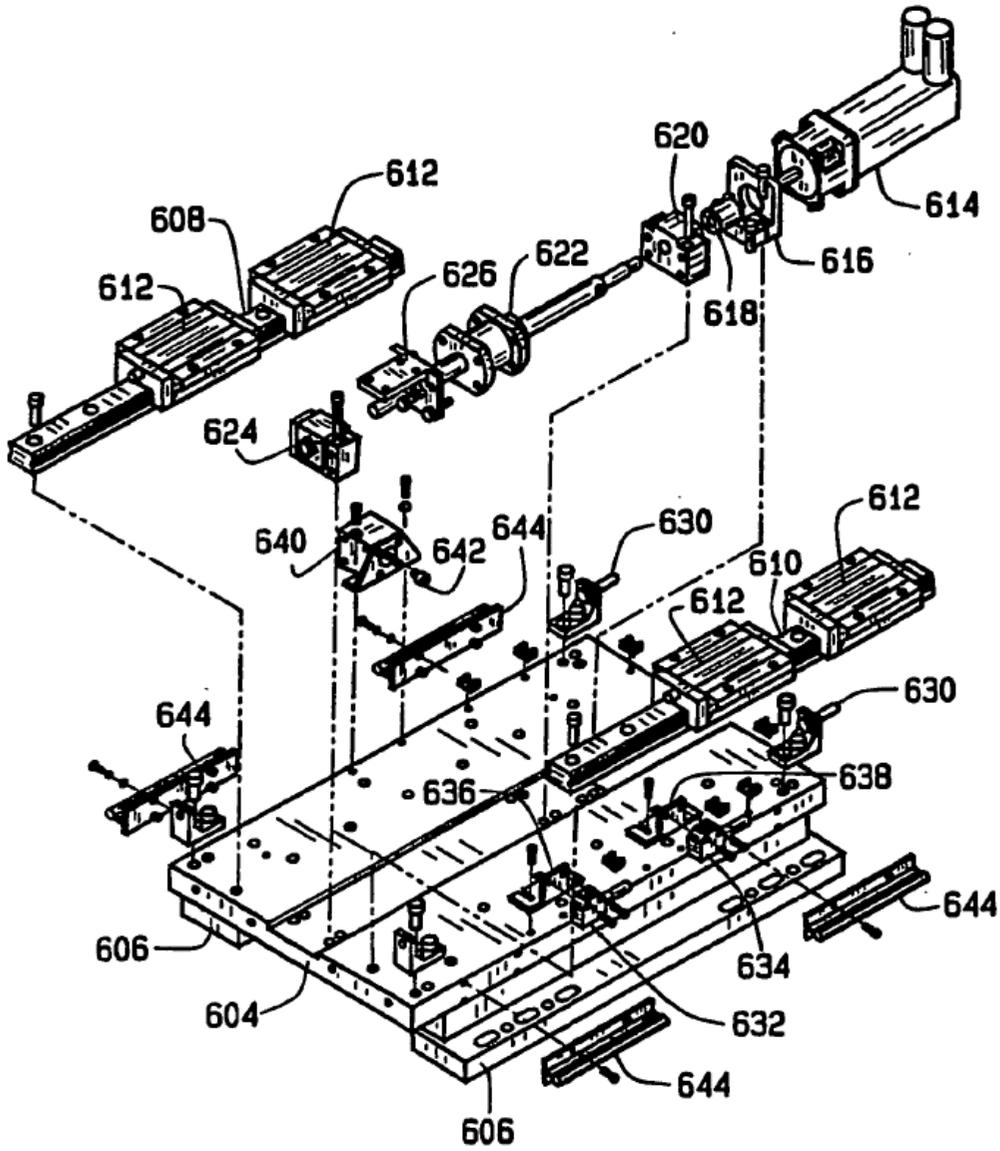


FIG. 38

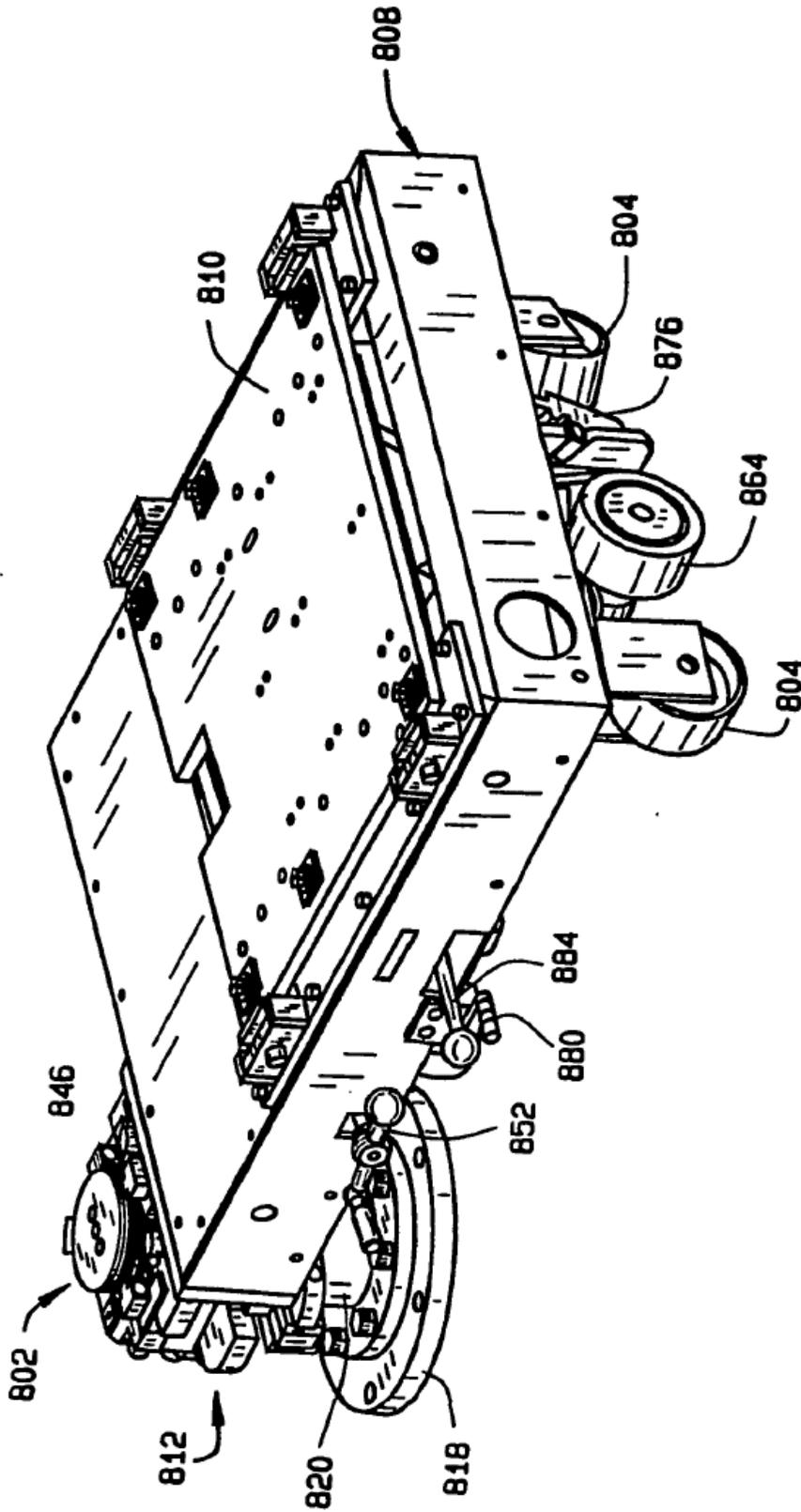


FIG. 39

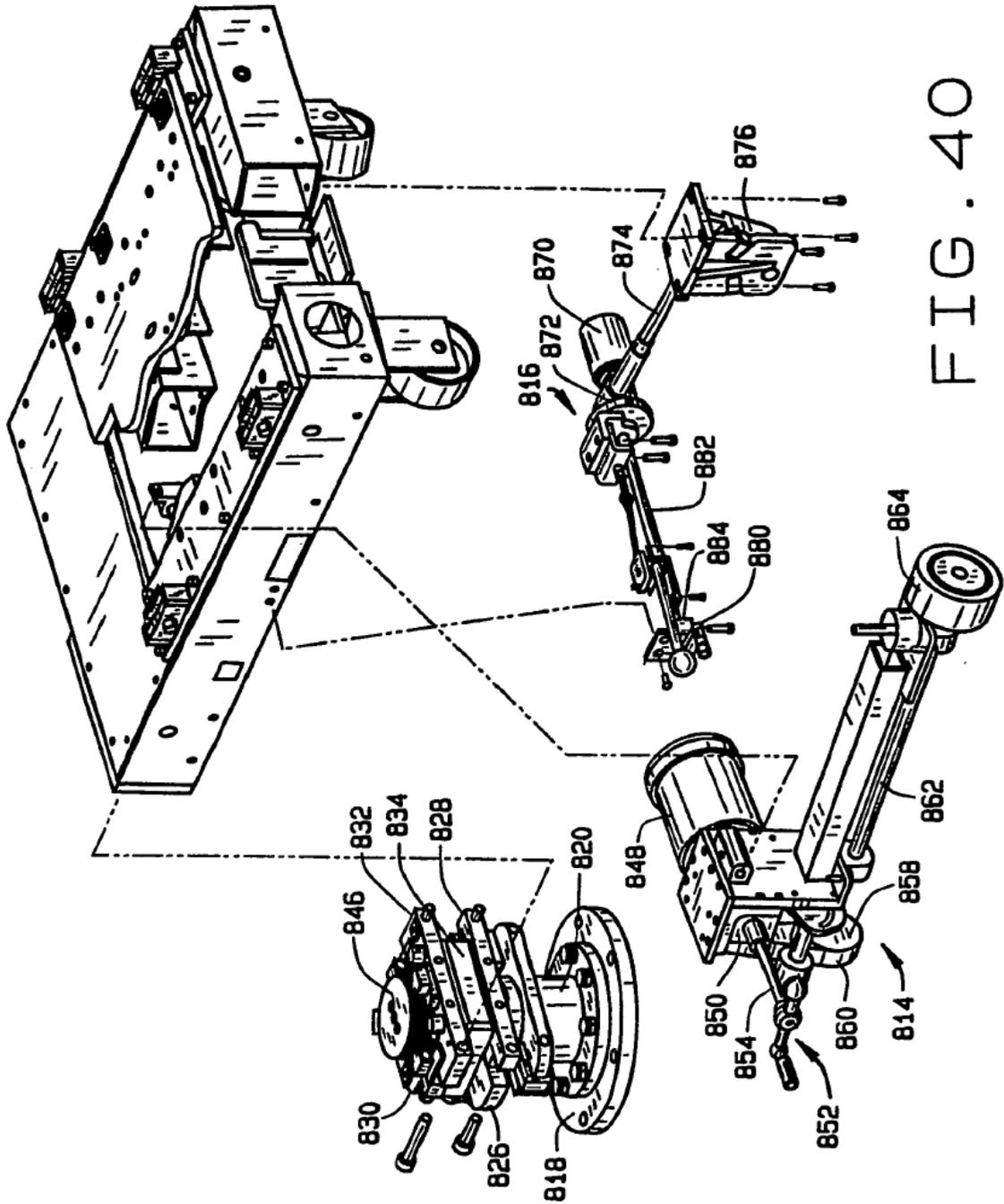


FIG. 40

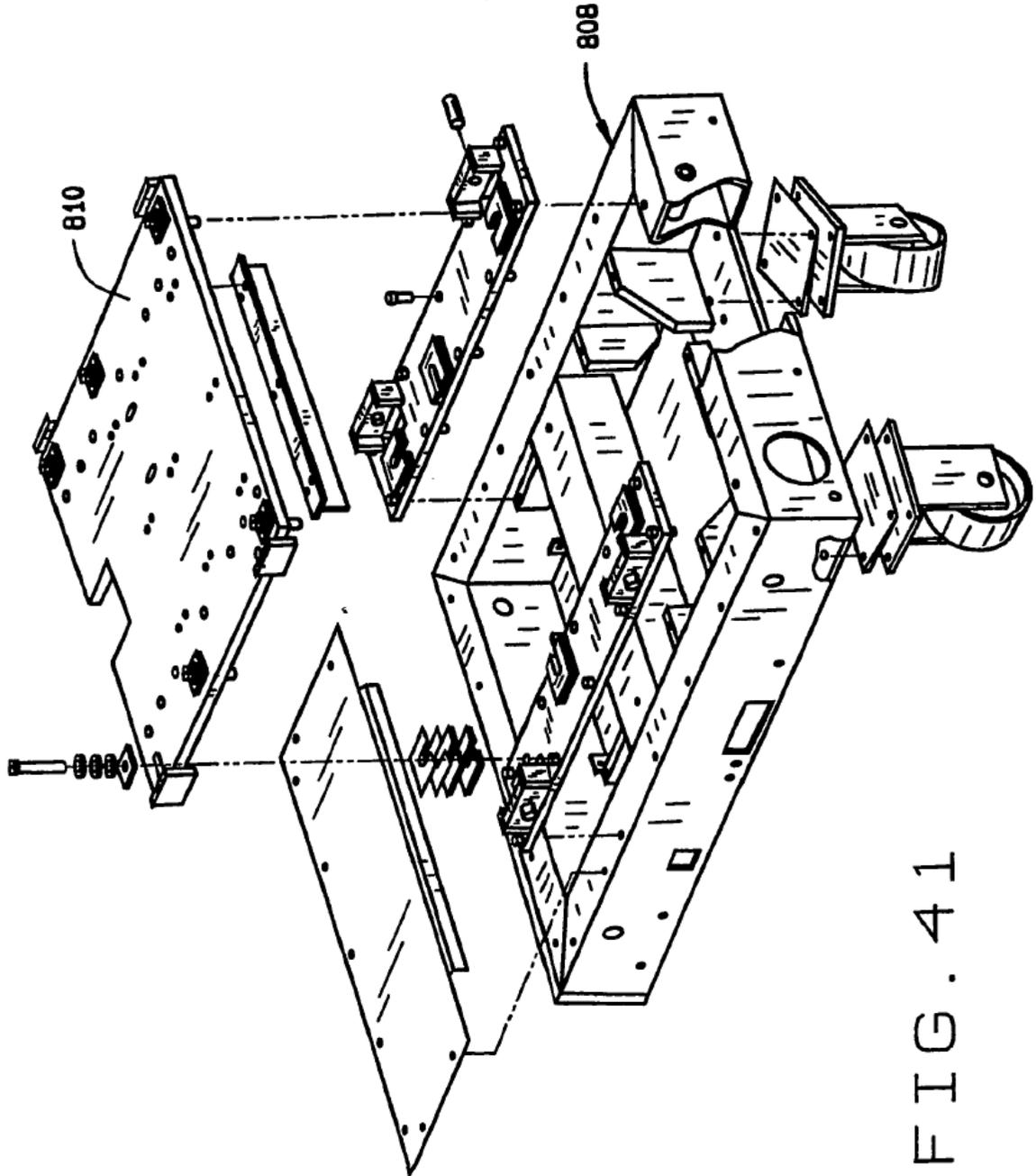


FIG. 41

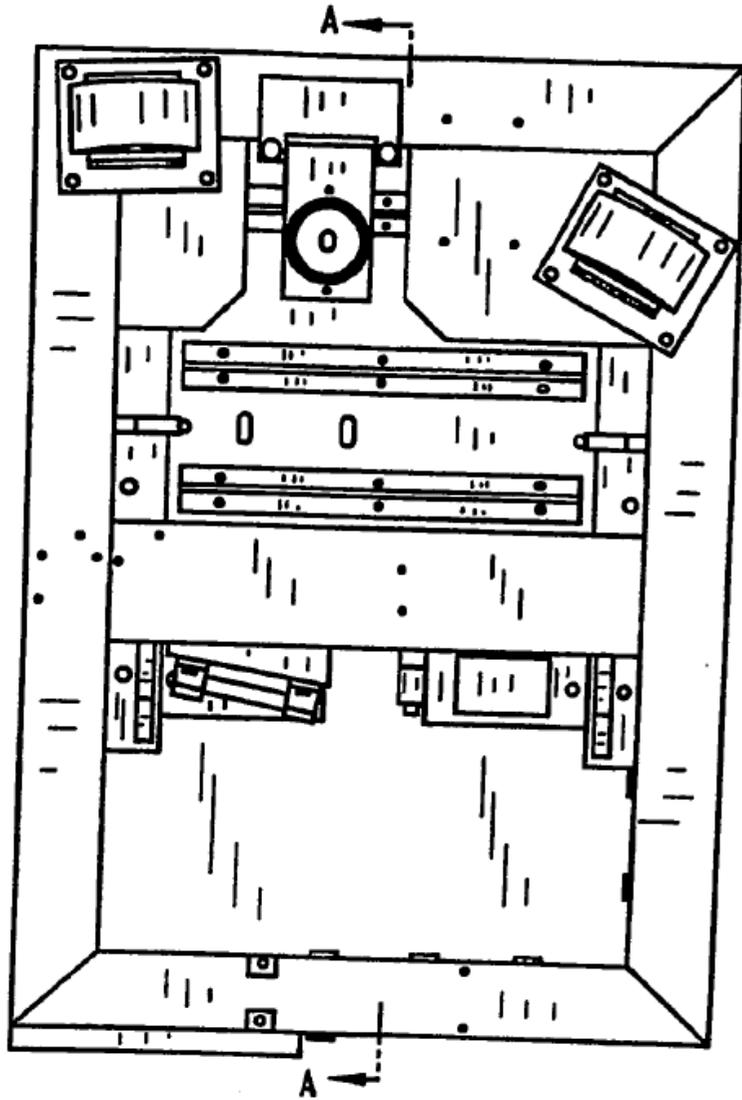


FIG. 42

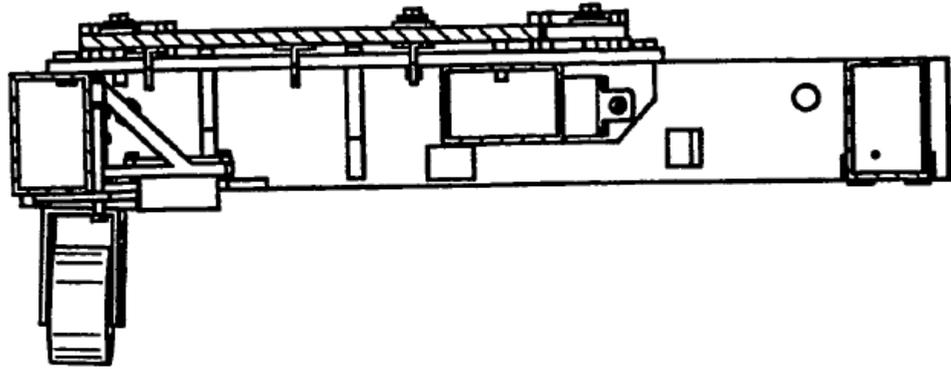


FIG. 43

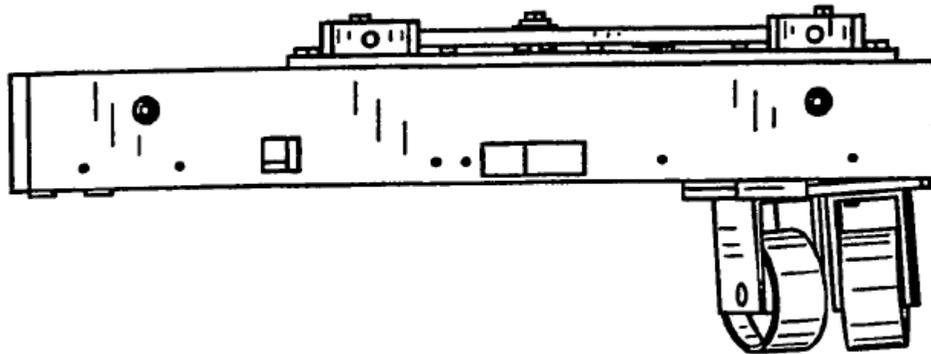


FIG. 44

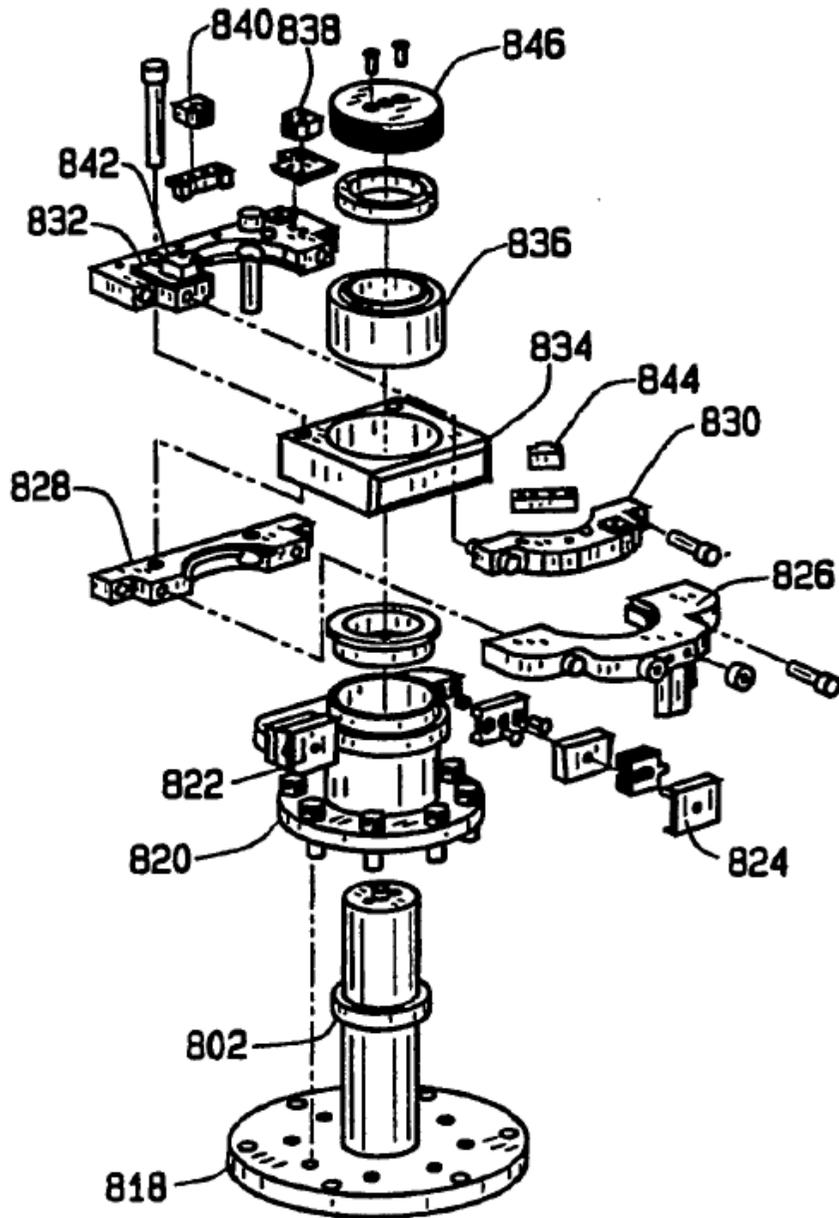


FIG. 45

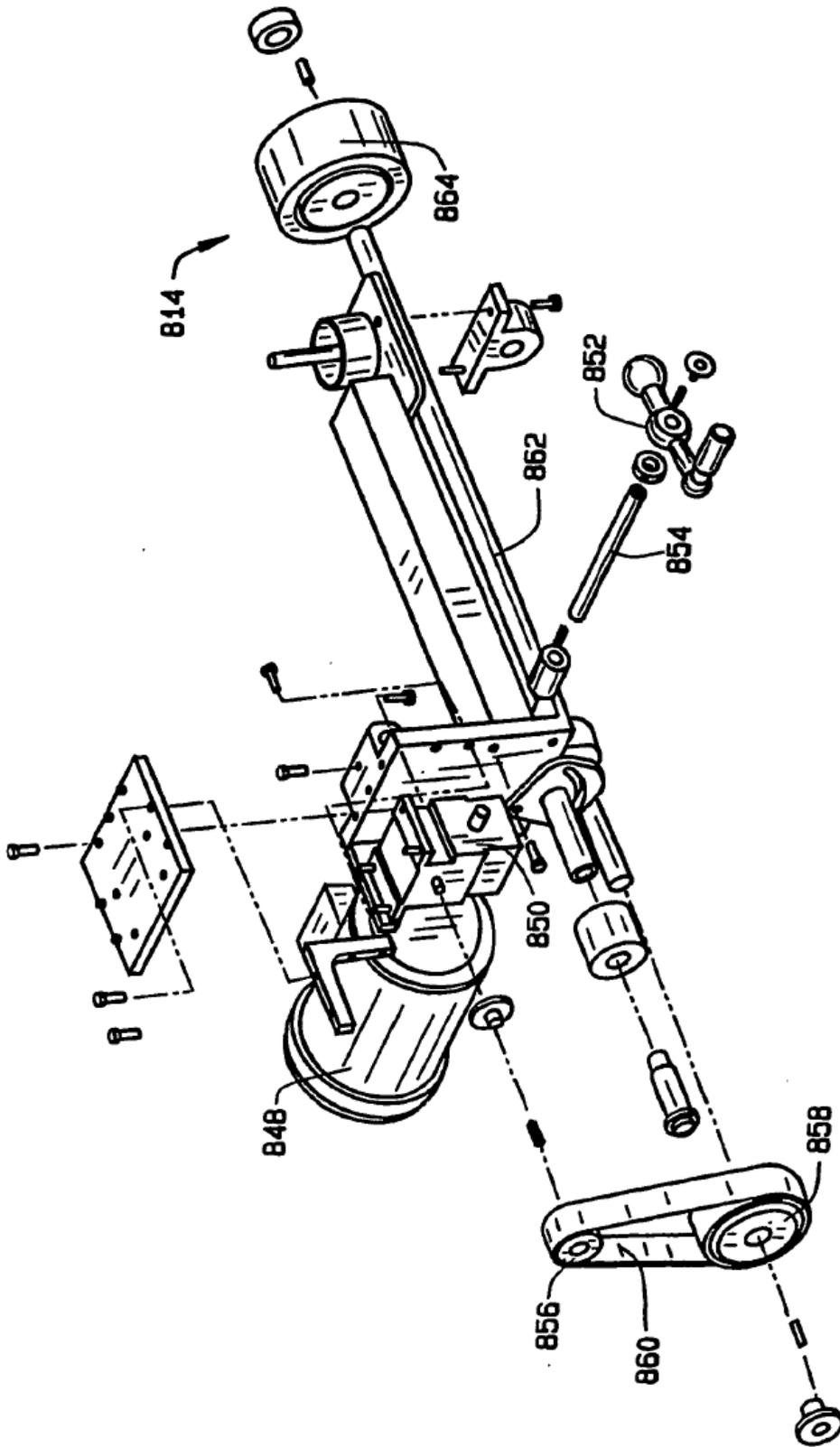


FIG. 46

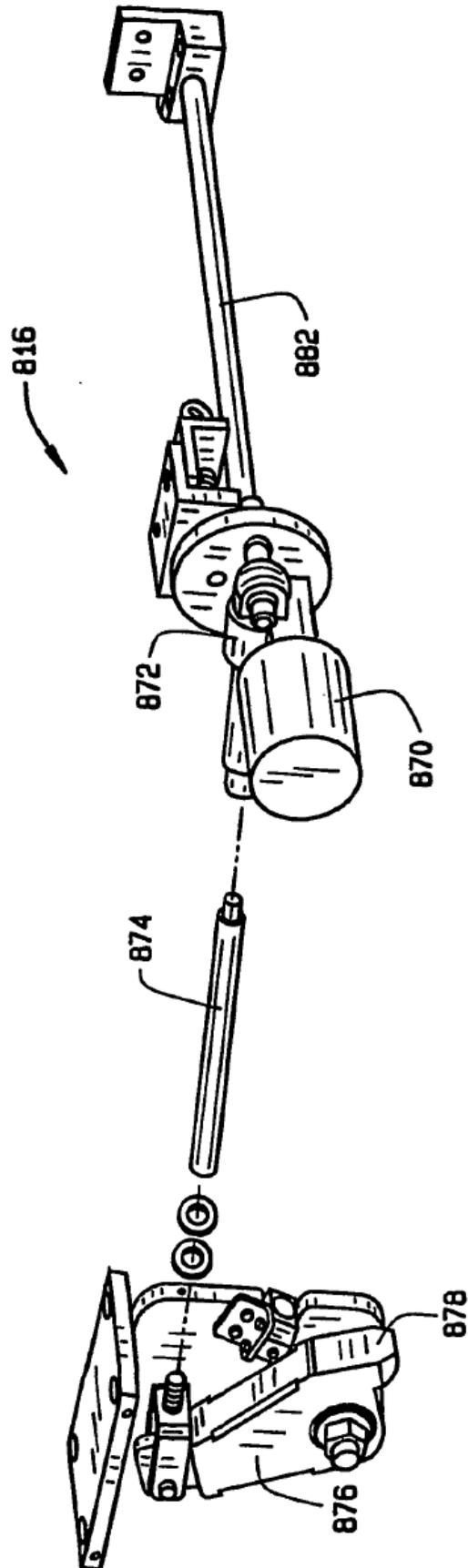


FIG. 47

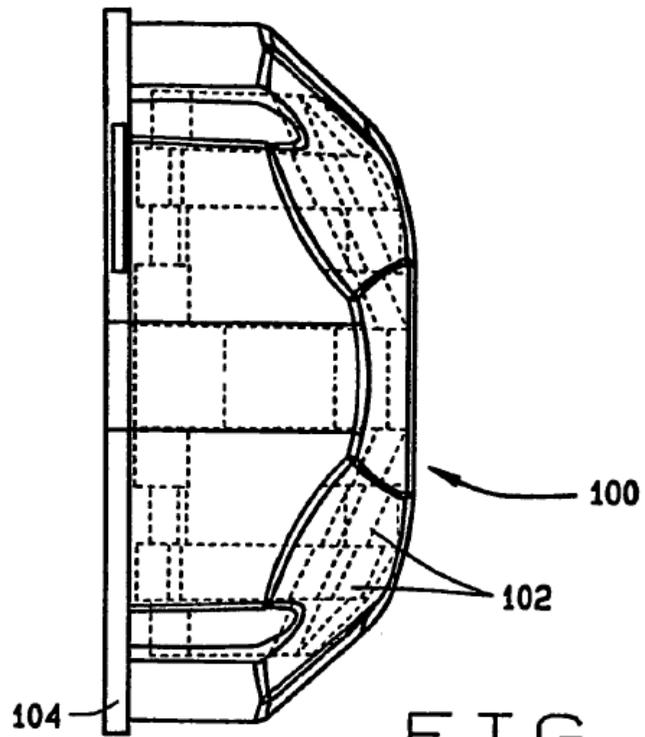


FIG. 48

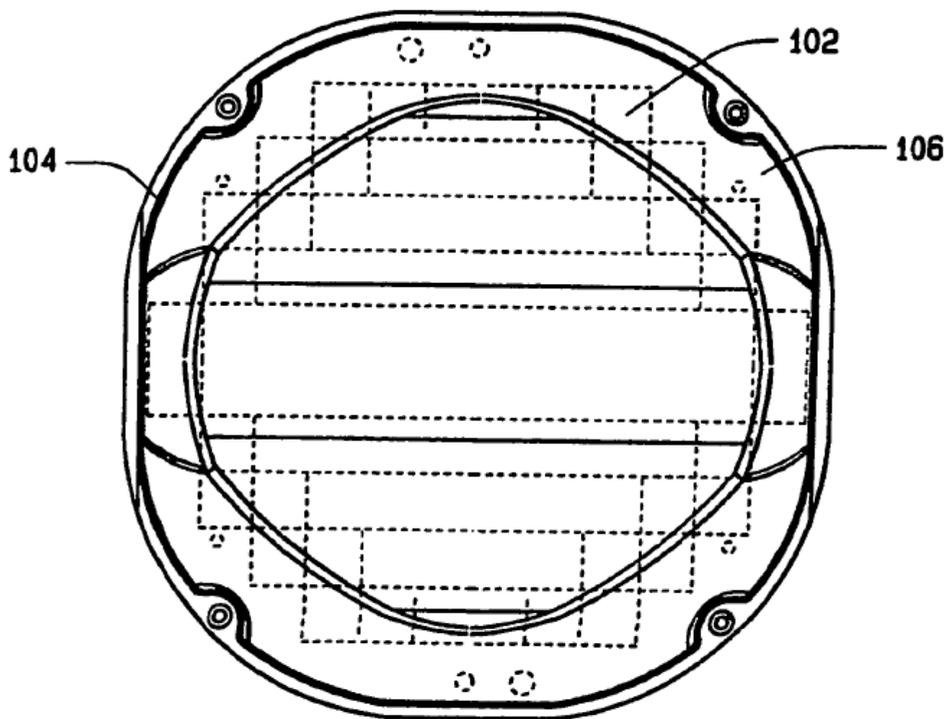


FIG. 49

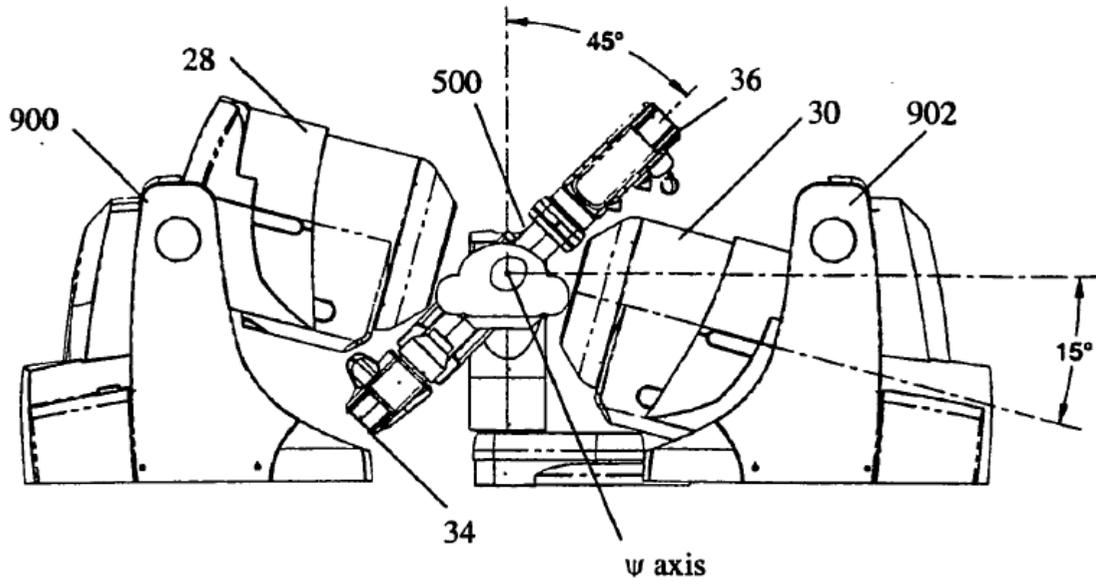


FIG. 50

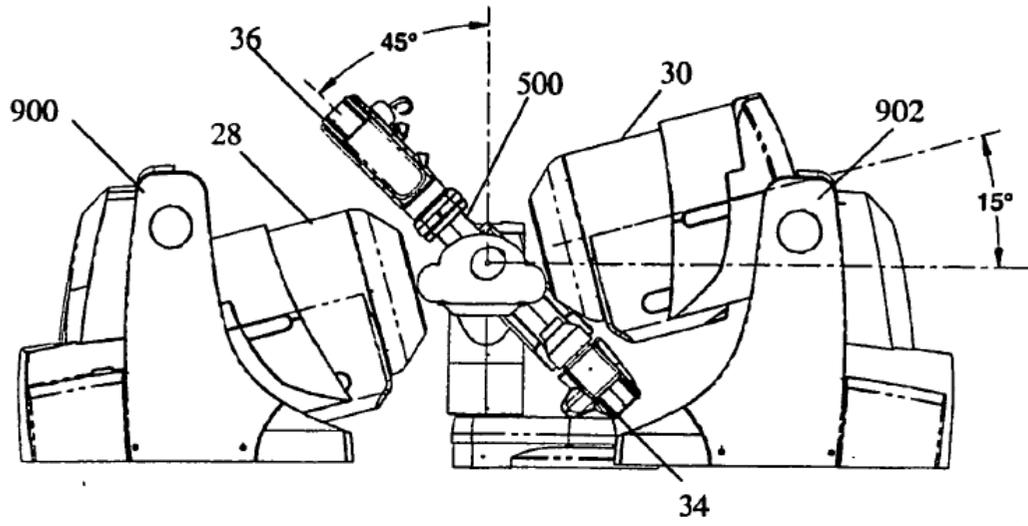


FIG. 51

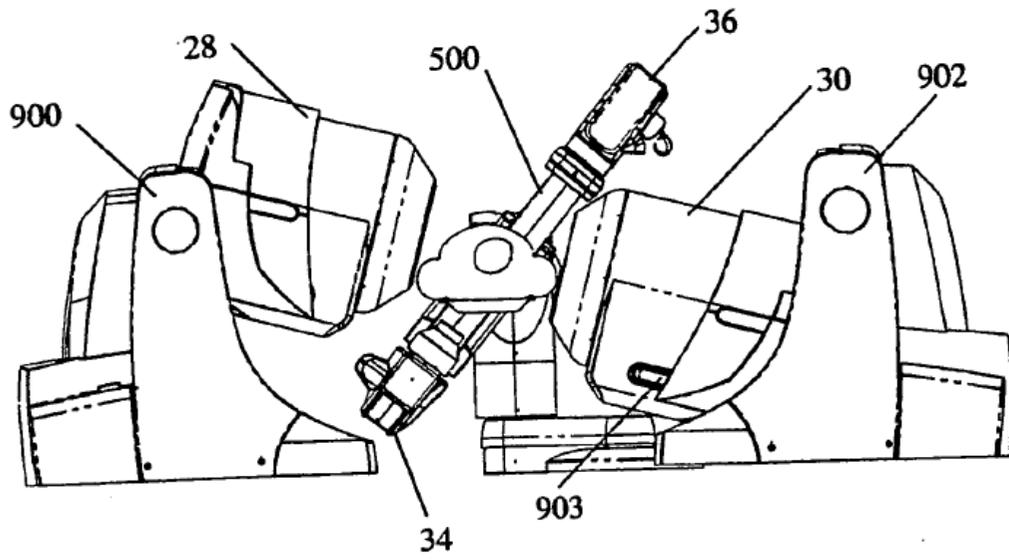


FIG. 52

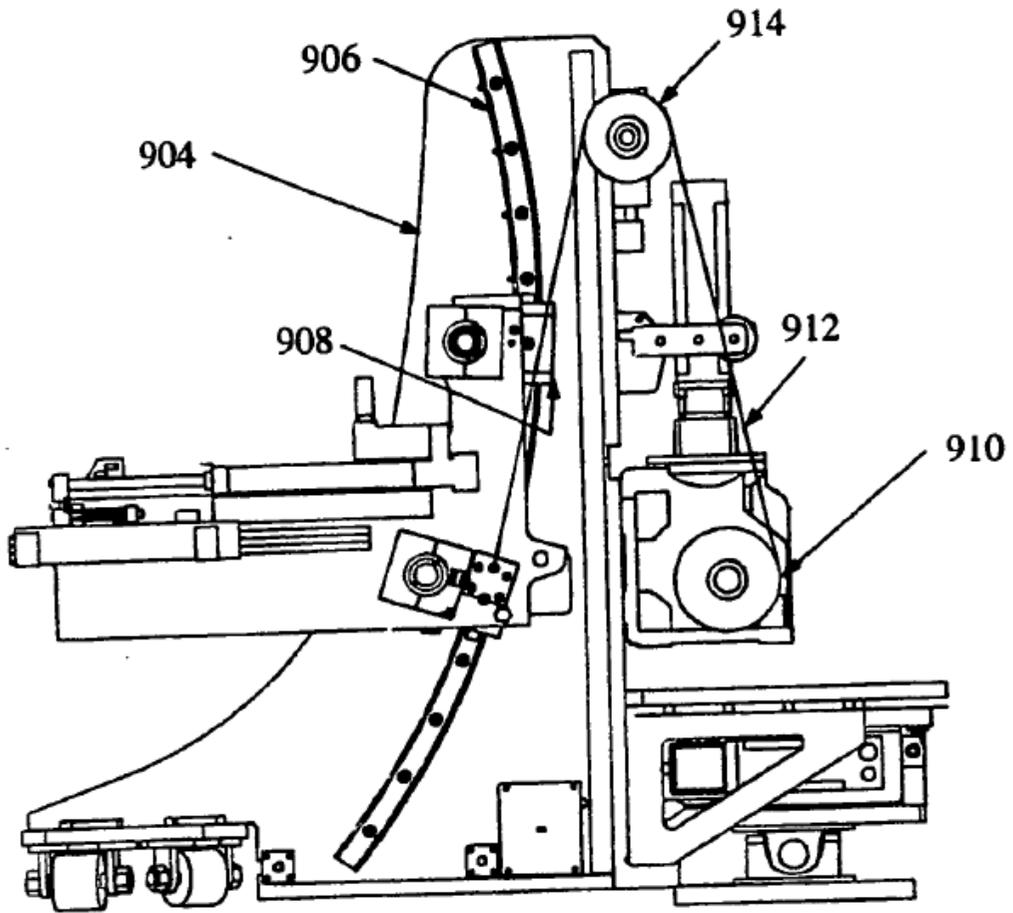


FIG. 53