



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 357 457**

51 Int. Cl.:

H01F 6/04 (2006.01)

H01F 6/06 (2006.01)

G01R 33/38 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **08155998 .1**

96 Fecha de presentación : **09.05.2008**

97 Número de publicación de la solicitud: **2075805**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **01.07.2009**

54

Título: **Una bobina que tiene devanados de superconducción enfriados sin fluidos criogénicos.**

30

Prioridad: **27.12.2007 IT T007A0940**

45

Fecha de publicación de la mención BOPI:
26.04.2011

45

Fecha de la publicación del folleto de la patente:
26.04.2011

73

Titular/es: **ASG SUPERCONDUCTORS S.p.A.**
Corso F.M. Perrone 73R
16153 Genova, IT

72

Inventor/es: **Damiani, Daniele;**
Laurenti, Adamo;
Marabotto, Roberto y
Perrella Segre, Mauro

74

Agente: **Justo Bailey, Mario de**

ES 2 357 457 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

La presente invención se refiere generalmente a bobinas superconductoras.

Como es conocido, estos dispositivos requieren para su funcionamiento un sistema de enfriamiento con el fin de mantener el superconductor del que está hecha la bobina por debajo de su temperatura crítica.

5 Los sistemas de enfriamiento convencionales usan fluidos que cambian su estado, tal como helio líquido, con el fin de alcanzar y mantener las bajas temperaturas necesitadas para asegurar el comportamiento superconductor del material de bobina. Esto da lugar a ciertos problemas de seguridad asociados a las sobrepresiones que son generadas en el criostato en la condición llamada "de extinción" o "quench" (concretamente la transición del superconductor a conductor normal) junto con un mantenimiento costoso debido a la necesidad de reponer el fluido de evaporación.

10 Un objeto de la invención es, por lo tanto, proporcionar una bobina que es capaz de superar los problemas asociados con el uso de fluidos de cambio de estado para enfriar el superconductor.

Este objeto se alcanza por medio de una bobina como se define en las reivindicaciones que siguen.

15 La invención se refiere a una bobina que comprende un conjunto de devanados con una forma generalmente anular y formados por una pluralidad de devanados parciales conectados en serie hechos de un superconductor con una temperatura crítica alta, en la que dichos devanados parciales están dispuestos cerca unos de otros de forma estratificada, y al menos una lámina de enfriamiento que está hecha de material térmicamente conductor y se dispone en contacto con dicho conjunto de devanados y es capaz de ser conectada de modo térmicamente conductor a un sistema de enfriamiento criogénico.

20 Una estructura de una bobina superconductoras de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1 independiente, formada apilando una pluralidad de bobinas en forma de disco o doble disco con una placa de enfriamiento hecha de material térmicamente conductor dispuesto entre las bobinas, se divulga en los documentos EP 0877395 A1 y WO 01/06524 A2.

La invención también se refiere a un aparato de representación de imágenes de resonancia magnética que comprende un par de bobinas superconductoras.

25 Las ventajas y rasgos característicos de la invención surgirán de la descripción detallada que sigue, proporcionada con referencia a los dibujos que se acompañan en los que:

la figura 1 es una vista en perspectiva que muestra un imán de un aparato de representación de imágenes de resonancia magnética que comprende un par de bobinas de acuerdo con la invención;

las figuras 2a y 2b son vistas en corte transversal del imán de acuerdo con la figura 1;

30 la figura 3a es una vista separada de una estructura de soporte y un conjunto de devanados de una bobina del imán de acuerdo con la figura 1;

la figura 3b es una vista en corte transversal de la estructura de soporte y el conjunto de devanados de acuerdo con la figura 3a;

las figuras 3c y 3d son vistas, a escala ampliada, de detalles mostrados en la figura 3b;

35 la figura 4 es una vista que muestra las fuerzas que actúan en la estructura de soporte durante la enfriamiento / calentamiento / funcionamiento de la bobina;

la figura 5 es una vista que muestra las fuerzas que actúan en los soportes de devanado durante el funcionamiento;

40 la figura 6 es una vista separada del conjunto de devanados de acuerdo con la figura 3a sin la estructura de soporte;

las figuras 7a a 7f son vistas que muestran los devanados de acuerdo con la figura 3a;

la figura 8 es una vista que muestra la conexión del conjunto de devanados a un sistema de enfriamiento criogénico;

45 la figura 9 es una vista esquemática de una vía de alimentación eléctrica para suministrar potencia al conjunto de devanados, con correspondientes conexiones térmicas;

las figuras 10 y 11 son vistas separadas de realizaciones alternativas de un conjunto de devanados en una configuración de solenoide de acuerdo con la invención.

En referencia a las figuras 1, 2a y 2b, éstas muestran, a modo de ejemplo, un imán, indicado globalmente

mediante 10, de un aparato de representación de imágenes de resonancia magnética del tipo de techo abierto. Aunque la aplicación de la invención a tal aparato es particularmente ventajosa, en realidad la invención no está limitada a esto puesto que puede ser usada para la construcción de máquinas eléctricas en general como, por ejemplo, transformadores, motores, generadores, limitadores de corriente, sistemas de acumulación de potencia, imanes multipolares, etc.

El imán 10 comprende una horquilla en forma de U que está hecha de material ferromagnético, indicada globalmente mediante 15, y que conecta entre sí un par de caras 11 de polo situadas a una cierta distancia una de otra a lo largo de un eje polar X. El imán 10 está dispuesto verticalmente de manera que el eje polar está dispuesto horizontalmente y por encima de la parte central 15a de la horquilla. Las caras 11 de polo definen entre ellas una zona R de recepción para una paciente.

Un suelo falso 17 está dispuesto a un nivel más alto que la parte central 15a de la horquilla para permitir el acceso a la zona de recepción, produciéndose dicho acceso por medio de medios de posicionamiento (no mostrados) diseñados para posicionar y recoger al paciente dentro y desde la zona R de recepción.

El imán también comprende dos bobinas 20 que están dispuestas cada una concéntricamente alrededor de cada cara 11 de polo, respectivamente. Estas bobinas pueden ser controladas convencionalmente mediante una unidad de control (no mostrada) como para generar un flujo magnético dentro de la zona R de recepción.

Cada bobina 20 comprende una cámara 21 de vacío formada a manera de envoltura con una forma substancialmente anular y una sección transversal en forma de caja rectangular. Las cámaras 21 de vacío están aseguradas a la horquilla magnética 15 por medio de soportes no magnéticos (no mostrados).

Las cámaras 21 de vacío están conectadas entre sí mediante un conducto 22 de conexión que está a su vez conectado a un sistema de vacío (no mostrado) del tipo convencional.

Cada cámara de vacío aloja internamente un respectivo conjunto de devanados 30 con una forma generalmente anular que se extiende tanto axial como circunferencialmente dentro de la cámara 21 de vacío. Cada conjunto de devanados está encerrado dentro de una respectiva estructura 40 de soporte que está a su vez asegurada a una pared (véanse las figuras 3a-3d) de la cámara 21 de vacío. También se puede prever una pantalla 50 de calor dispuesta alrededor de cada conjunto de devanados 30 (visible en las figuras 1 y 2a), estando formada dicha pantalla como una envoltura substancialmente con forma anular con una sección transversal en forma de caja rectangular y estando asegurada también a la pared de la cámara 21 de vacío por medio de soportes con una conductividad térmica alta (no mostrados). Las dos pantallas 50 de calor dispuestas respectivamente alrededor de los dos conjuntos de devanados 30 están conectadas entre sí de una manera térmicamente conductora mediante una sección tubular 51 de conexión que se extiende dentro del conducto 22 de conexión de las cámaras 21 de vacío.

En referencia a las figuras 2a y 2b, el aparato también comprende un sistema 60 de enfriamiento criogénico. Este sistema comprende al menos un crioenfriador 61 con dos etapas 62 y 63 de refrigeración, cuya primera etapa 62 de refrigeración está conectada de manera térmicamente conductora a la sección tubular 51 de conexión de las pantallas 50 de calor. De esta manera, el crioenfriador 61 es capaz de enfriar las pantallas 50 de calor hasta una temperatura en el intervalo de 40 a 150 K como para minimizar la dispersión de calor al exterior. El crioenfriador 61 está asegurado a la pared del conducto 22 de conexión de las cámaras 21 de vacío. La posición del crioenfriador 61 es optimizada como para funcionar de la manera más eficiente posible y minimizar los problemas asociados con espacio, vibración y ruido. Como alternativa al crioenfriador único, puede ser usado un respectivo crioenfriador para cada bobina 20.

En referencia en particular a las figuras 6 y 7a-7f, cada conjunto de devanados 30 está formado por una pluralidad de devanados parciales 301 de superconductor conectados en serie, que están dispuestos unos junto a otros de forma estratificada. Las figuras 7a y 7b muestran un único devanado parcial 301, mientras que las figuras 7c-7f muestran el conjunto de devanados 30 formado por una pluralidad de devanados parciales 301.

El superconductor usado para los devanados es preferentemente, pero no exclusivamente, una correa de multifilamento hecha de MgB_2 , de acuerdo con la solicitud internacional WO 2006/011170 A1. El tipo y/o la forma geométrica del superconductor puede, sin embargo, ser diferente puesto que pueden ser usados otros materiales superconductores con una temperatura crítica alta (HTS), tales como BSCCO o YBCO por ejemplo, y la sección transversal puede ser circular por ejemplo. El aislamiento eléctrico entre las vueltas y tierra de las bobinas consiste por ejemplo en una tela de vidrio impregnada de una resina termoestable. Posibles variantes prevén el aislamiento del superconductor con trenzado de vidrio o cinta o cualquier otro material compatible con la resina termoestable usada para la impregnación final del devanado.

La forma geométrica de devanado del superconductor está diseñada preferentemente como para permitir el devanado del superconductor usando la llamada técnica "reaccionar y devanar". Por lo tanto, el devanado se realiza usando radios anchos para ser compatibles con un superconductor que ya ha reaccionado y es, por lo tanto, frágil y propenso a la degradación si los radios de plegamiento son menores que un cierto valor de límite. Esta técnica de devanado ofrece ventajas en comparación con la llamada técnica "devanar y reaccionar" puesto que no requiere medidas especiales para el aislamiento eléctrico que debe soportar como mucho la temperatura prevista para la

polimerización de la resina y no la temperatura de reacción del superconductor.

Las figuras 7a-7d muestran devanados del tipo conocido como devanados en forma de doble disco. Como se puede ver en las figuras 7a y 7b, en cada devanado parcial 301 en forma de doble disco las vueltas están dispuestas para formar substancialmente dos capas 301a y 301b que están conectadas entre sí por medio de una sección 301c de transición. En aras de la claridad de ilustración, estas capas se muestran separadas en las figuras; en realidad, se encuentran en contacto una con otra. En cada devanado parcial 301 el superconductor es monolítico, concretamente no tiene uniones internas, y tiene dos extremos exteriores opuestos 301d y 301e de conexión asociados respectivamente con las capas 301a y 301b como para permitir la conexión a otros devanados parciales 301, como se ilustra en las figuras 7c-7f.

Las uniones eléctricas 302 entre cada devanado parcial 301 y el devanado siguiente adyacente pueden ser de tipo resistivo, con valores de resistencia por ejemplo de unos 10^{-8} Ohm, o de tipo superconductor, con valores por ejemplo de unos 10^{-12} Ohm; en este último caso el sistema permite el funcionamiento en modo persistente (concretamente con el suministrador de potencia excluido).

El suministro eléctrico de potencia a los conjuntos de devanados superconductores 30 se realiza usando vías de alimentación eléctrica que están optimizadas para consumo criogénico bajo y que están conectadas por un lado a los terminales 311, 312 de cada conjunto de devanados y, por el otro lado, a un suministrador externo de potencia por mediación de la cámara de vacío.

La figura 9 muestra una de las vías de alimentación mencionadas anteriormente, indicada globalmente mediante 320. Estas vías de alimentación tienen dimensiones tales como para transportar la corriente necesaria para el devanado y están divididas en dos partes 321, 322 como para minimizar los efectos del gradiente térmico.

La vía de alimentación de acuerdo con la figura 9 comprende por lo tanto una primera parte 321 que está conectada directamente a uno de los terminales 311, 312 del devanado y que está hecha con un HTS (por ejemplo YBCO o BSCCO) y enfriada por mediación de la segunda etapa 63 de refrigeración del crioenfriador; y una segunda parte 322 que está conectada a la primera parte y se proyecta parcialmente desde la cámara 21 de vacío y que está hecha de material resistivo (típicamente cobre y/o latón) y tiene unas dimensiones tales como para minimizar tanto la potencia térmica generada por el efecto Joule durante el paso de corriente como la conducción de calor al exterior.

La segunda parte 321 de la vía 320 de alimentación está diseñada para ser asegurada a la pared de la cámara 21 de vacío por medio de un reborde 321a de montaje y fuera de la cámara está conectada a una conexión eléctrica 321b para la conexión al suministrador externo de potencia. Un aislamiento 321c, que garantiza el aislamiento eléctrico y el sellado de vacío perfecto de la cámara 21, está dispuesto entre la segunda parte 321 y el reborde 321a.

La zona 323 para la conexión de las dos partes 321, 322 de la vía de alimentación es a su vez enfriada hasta una temperatura intermedia de entre 50 y 130 K por mediación de la primera etapa 62 de refrigeración del crioenfriador.

La conexión térmica a las dos etapas del crioenfriador se realiza mediante la disposición, entre medias, de un aislamiento especial 324 con un grosor igual o mayor de 0,02 mm, hecho de un material adecuado para garantizar al mismo tiempo conductividad térmica alta y conductividad eléctrica baja y que consiste, por ejemplo, en resina de epoxy (tal como Stycast®) reforzada con material conductor térmico, u óxidos de aluminio (Al_2O_3) y/o nitruros de aluminio (ALN).

Los conjuntos de devanados superconductores 30 son enfriados por medio de conducción térmica a una temperatura de funcionamiento predeterminada >10 K por medio del uso del crioenfriador 61. Para este propósito, como se muestra en particular en la figura 6, una lámina plana 350 de enfriamiento, hecha de material térmicamente conductor, en contacto con estos devanados parciales y aislada eléctricamente de ellos, está dispuesta entre cada devanado parcial 301 y el devanado siguiente adyacente. Cada bobina 20, por lo tanto, comprende una pluralidad de estas láminas 350 de enfriamiento que están conectadas en paralelo y de manera térmicamente conductora a la segunda etapa 63 de refrigeración del crioenfriador 61. El material de las láminas 350 debe consistir en un material con una conductividad térmica alta, por ejemplo cobre.

En particular, los dos conjuntos de láminas 350 están conectados entre sí y al crioenfriador 61 por medio de un elemento térmicamente conductor 351 de conexión, que se extiende dentro de la sección tubular 51 que conecta las pantallas 50 de calor, y por medio de un sistema antivibración 354 (mostrado en la figura 8) para favorecer el amortiguamiento de las vibraciones transmitidas a las bobinas 30.

Como se muestra en la figura 6, las láminas 350 de enfriamiento tienen una forma substancialmente anular que corresponde a la forma anular de los devanados parciales 301 y tienen respectivas porciones 351 de proyección que protruyen lateralmente del cuerpo de la bobina como para permitir su conexión térmica al sistema 60 de enfriamiento. Cada lámina 350 también tiene muescas radiales 352 y muescas circunferenciales que son capaces de reducir las pérdidas asociadas con corrientes de remolino inducidas durante el funcionamiento del aparato.

En referencia en particular a las figuras 3a-3d, la estructura 40 de soporte encierra en forma intercalada los devanados parciales 301 y las láminas 350 de enfriamiento de cada bobina para mantenerlos mecánicamente en

5 contacto unos con otros. Para este propósito, la estructura 40 de soporte comprende dos placas 401 y 402 de extremo que tienen una forma anular y están dispuestas en lados opuestos de la bobina 30. Estas dos placas 401, 402 de extremo están sujetas entre sí por medio de tirantes 403 dispuestos a intervalos regulares a lo largo de la circunferencia interna y/o circunferencia externa de las placas 401, 402 de extremo. El aseguramiento de la estructura 40 de soporte a la pared de la cámara 21 de vacío se realiza por medio de una pluralidad de soportes articulados 410 dispuestos a lo largo de la circunferencia externa de la placa 401 de extremo.

10 En referencia también a la figura 5, cada soporte articulado 410 comprende un montante hueco 411 que está hecho de material con una resistencia mecánica alta y conductividad térmica baja, por ejemplo acero inoxidable, titanio, fibra de carbono o fibra de vidrio, y cuyos extremos 412, 413 están abisagrados con la placa 401 de extremo de la estructura 40 de soporte de la bobina 30 y la pared de la cámara 21 de vacío, respectivamente. Por lo tanto, un respectivo pasador 414, 415, cuyo eje es tangencial a la dirección circunferencial, está asociado con cada extremo 412, 413 del montante 411, y cada pasador 414, 415 está alojado rotativamente dentro de un respectivo asiento 416, 417 que está sujeto a la placa 401 de extremo de la estructura 40 de soporte de la bobina 30 y a la pared de la cámara 21 de vacío, respectivamente. De este modo, cada soporte articulado 410 tiene libertad de rotación en un respectivo plano radial.

15 Debido a esta configuración, como se muestra en la figura 4, la fuerza magnética FM producida por la bobina 20 durante el funcionamiento, concretamente las fuerzas debidas a la expansión térmica diferencial que ocurre durante las etapas de enfriamiento/calentamiento entre el devanado 30 y la cámara 21 de vacío, produce reacciones R1 y R2 que se extienden por los soportes articulados 410 y las estructuras que están conectadas por ellos y son dirigidas radialmente y tienden a centrar, compactar y hacer rígido todo el sistema, haciéndolo más insensible a las fuerzas laterales. La figura 3b y las figuras 3c y 3d, que muestran a escala ampliada detalles de la figura 3b, también muestran las fuerzas que actúan en cada soporte articulado 410. Fm/n indica toda la fuerza que actúa en uno de los n soportes articulados, R la fuerza de reacción en la dirección de extensión del montante 411, Ra y Rb las fuerzas de reacción en la dirección radial en los extremos del soporte articulado 410, y R/2 las fuerzas de reacción en una dirección perpendicular a las paredes de la cámara 21 de vacío que actúan en los lados del pasador 415 de abisagrado.

20 Cada bobina 20 puede prever un sistema de apantallado activo convencional (no mostrado) para minimizar la influencia del campo magnético en el entorno externo como para cumplir con las normas obligatorias. Este sistema consiste esencialmente en un devanado adicional para producir un campo contrario al del flujo disperso que debe ser eliminado.

25 La figura 10 muestra una realización alternativa del conjunto de devanados superconductores, indicada globalmente mediante 30'. Este conjunto de 30' también tiene una forma generalmente anular y está formado por una pluralidad de devanados parciales 301' de superconductor conectados en serie que están dispuestos unos junto a otros de forma estratificada.

30 Con el fin de producir estos devanados se usa el mismo tipo de superconductor y de aislante mencionado en referencia a la realización previa.

35 De manera diferente a la realización previa, los devanados parciales 301' se proporcionan a manera de solenoide, formando así capas concéntricas.

40 Una pluralidad de láminas curvas 350' de enfriamiento que están hechas de material térmicamente conductor y hacen contacto con estos devanados parciales están dispuestas entre una serie de devanados parciales 301' y las series siguientes adyacentes, estando diseñadas dichas láminas para ser conectadas en paralelo y de manera térmicamente conductora a la segunda etapa 63 de refrigeración del crioenfriador 61. El material de las láminas 350' debe tener una conductividad térmica alta, por ejemplo cobre o aluminio. Estas láminas 350' de enfriamiento están dispuestas al lado una de otra como para formar globalmente un collar anular correspondiente a la forma de los devanados parciales 301'. Todas las láminas 350' por lo tanto forman una serie de collares anulares concéntricos a través de la bobina 30'.

45 Cada lámina 350' tiene una respectiva porción 351' de proyección que se proyecta axialmente desde el cuerpo de la bobina como para permitir la conexión térmica de ésta al sistema 60 de enfriamiento. Las láminas 350' de cada collar anular tienen entre ellas intersticios axiales 352' diseñados para reducir las pérdidas asociadas con las corrientes de remolino inducidas durante el funcionamiento del aparato.

50 Una estructura de soporte (no mostrada) está prevista para el ensamblaje 30' y encierra en forma intercalada los devanados parciales 301' y las láminas 350' de enfriamiento como para mantenerlos mecánicamente en contacto unos con otros.

55 Una realización adicional se muestra en la figura 11. De acuerdo con esta realización, el conjunto de devanados 301'', que son indicados globalmente mediante 30'', puede estar formado con una configuración tanto en forma de solenoide como de doble disco. Sin embargo, las láminas 350'' de enfriamiento están dispuestas solo en las cuatro superficies exteriores del conjunto de devanados (superficie radialmente interior, superficie radialmente exterior y las dos superficies laterales) o (de acuerdo con una solución alternativa no mostrada) solo en uno o más de ellos. En este caso, es posible prever una estructura 40'' de soporte distinta operativamente de las placas de enfriamiento, o

estas últimas también pueden realizar una función de soporte estructural.

5 Un sistema superconductor concebido de acuerdo con la invención proporciona campos magnéticos de una cierta magnitud (desde 0,5 a 7 T), con ventajas considerables cuando se compara con sistemas resistivos superconductores con una temperatura crítica baja o del tipo de imán permanente, en términos de costes, rendimiento, peso y volumen reducidos, fiabilidad, facilidad de uso y bajo consumo de energía.

La ausencia de fluido criogénico, por ejemplo helio líquido, da como resultado facilidad de instalación, peso y dimensiones reducidos, y sistemas de enfriamiento menos complejos. Esta ventaja significa que el sistema puede ser usado en países en los que no esté fácilmente disponible un suministro de helio.

10 Además, no hay necesidad de reponer el fluido criogénico que se evapora, con un consecuente ahorro en costes y fácil mantenimiento.

Otro aspecto de fundamental importancia es la seguridad de funcionamiento; de hecho el sistema sin criogenia no da lugar a ningún problema asociado con las sobrepresiones que se producen dentro de la cámara de vacío debido al aumento en la temperatura durante la transición del superconductor en el estado resistivo en sistemas convencionales.

15 Con el sistema sin criogenia es posible, además, proporcionar un sistema de bobinas y criostatos dispuestos en posición vertical (como en el caso del imán de representación de imágenes de resonancia magnética descrito anteriormente), algo que en cambio sería mucho más complejo de lograr con helio líquido. Además, en referencia a la aplicación en un aparato de representación de imágenes de resonancia magnética, es posible obtener un espacio de recepción para el paciente que tiene una anchura d mayor de 550 mm.

20 Los superconductores de alta temperatura (HTS) son además mucho más estables que los superconductores con una temperatura crítica baja de manera que la transición accidental al estado resistivo, además de no ser intrínsecamente peligroso para la seguridad de las personas, es también mucho menos probable, siendo esto una garantía de funcionamiento más regular que da como resultado un ahorro en la cantidad de tiempo necesitado para enfriar el sistema después de la extinción.

25 Se entiende que los rasgos característicos que han sido descritos en referencia solo a algunas variantes específicas pueden ser combinados, siempre y cuando sean compatibles, con los rasgos característicos de las otras variantes descritas, sin por ello salir del alcance de la presente invención, como se define por las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1.- Bobina, que comprende un conjunto de devanados (30; 30'; 30'') con una forma generalmente anular y formados por una pluralidad de devanados parciales (301; 301'; 301'') conectados en serie hechos de un superconductor con una temperatura crítica alta, en la que dichos devanados parciales están dispuestos unos junto a otros de forma estratificada, y al menos una lámina (350; 350'; 350'') de enfriamiento que está hecha de material térmicamente conductor y está dispuesta en contacto con dicho conjunto de devanados y que está diseñada para ser conectada de manera térmicamente conductora a un sistema (60) de enfriamiento criogénico; comprendiendo la bobina una estructura (40) de soporte que tienen un par de placas (401, 402) de extremo con forma anular dispuestas en lados opuestos de la bobina (30), capaz de encerrar en forma intercalada dichos devanados parciales y láminas de enfriamiento como para mantenerlos mecánicamente en contacto unos con otros; en la que dicho conjunto de devanados y dicha estructura de soporte están contenidos en una cámara (21) de vacío; caracterizada porque dicha estructura de soporte está asegurada a una pared de la cámara (21) de vacío por medio de una pluralidad de soportes articulados (410) dispuestos a lo largo de la circunferencia externa de la placa (401) de extremo más lejana desde la pared de la cámara (21) de vacío, cuyos extremos (412, 413) están abisagrados con la placa (401) de extremo de la estructura (40) de soporte de la bobina (30) y la pared de la cámara (21) de vacío, respectivamente, teniendo cada soporte articulado (410) libertad de rotación en un respectivo plano radial con respecto a la bobina (30).

2.- Bobina de acuerdo con la reivindicación 1, en la que cada soporte articulado (410) comprende un montante hueco (411) que está hecho de material con una resistencia mecánica alta y conductividad térmica baja.

3.- Bobina de acuerdo con la reivindicación 1, en la que dichos devanados parciales están formados a manera de solenoide o de doble disco y dicha al menos una lámina de enfriamiento está dispuesta en al menos una superficie externa del conjunto de devanados.

4.- Bobina de acuerdo con la reivindicación 1, en la que al menos una lámina (350; 350') de enfriamiento hecha de material térmicamente conductor está dispuesta entre diferentes capas de devanados parciales en contacto con ella, comprendiendo dicha bobina por lo tanto una pluralidad de estas láminas de enfriamiento, que son capaces de ser conectadas en paralelo y de manera térmicamente conductora al sistema (60) de enfriamiento criogénico.

5.- Bobina de acuerdo con la reivindicación 4, en la que dichos devanados parciales están formados a manera de solenoide y en la que una pluralidad de láminas curvas (350') de enfriamiento están dispuestas entre cada serie de devanados parciales (301') y la serie siguiente adyacente, estando dichas láminas dispuestas al lado una de la otra como para formar globalmente un collar anular, teniendo cada lámina (350') una respectiva porción (351') de proyección que se proyecta axialmente desde la bobina (30') como para permitir la conexión térmica de ella al sistema (60) de enfriamiento criogénico.

6.- Bobina de acuerdo con la reivindicación 5, en la que las láminas (350') del collar anular tienen entre ellas intersticios axiales (352') diseñados para reducir las pérdidas asociadas con las corrientes de remolino inducidas.

7.- Bobina de acuerdo con la reivindicación 4, en la que dichos devanados parciales están formados a manera de doble disco y en la que una lámina (350) de enfriamiento plana está dispuesta entre cada devanado parcial (301) y el siguiente adyacente, teniendo dicha lámina de enfriamiento una forma substancialmente anular y teniendo una respectiva porción (351) de proyección que se proyecta lateralmente desde la bobina (30) como para permitir la conexión térmica de ella al sistema (60) de enfriamiento criogénico.

8.- Bobina de acuerdo con la reivindicación 7, en la que dicha lámina (350) de enfriamiento tiene muescas radiales (352) y muescas circunferenciales (353) diseñadas para reducir las pérdidas asociadas con las corrientes de remolino inducidas.

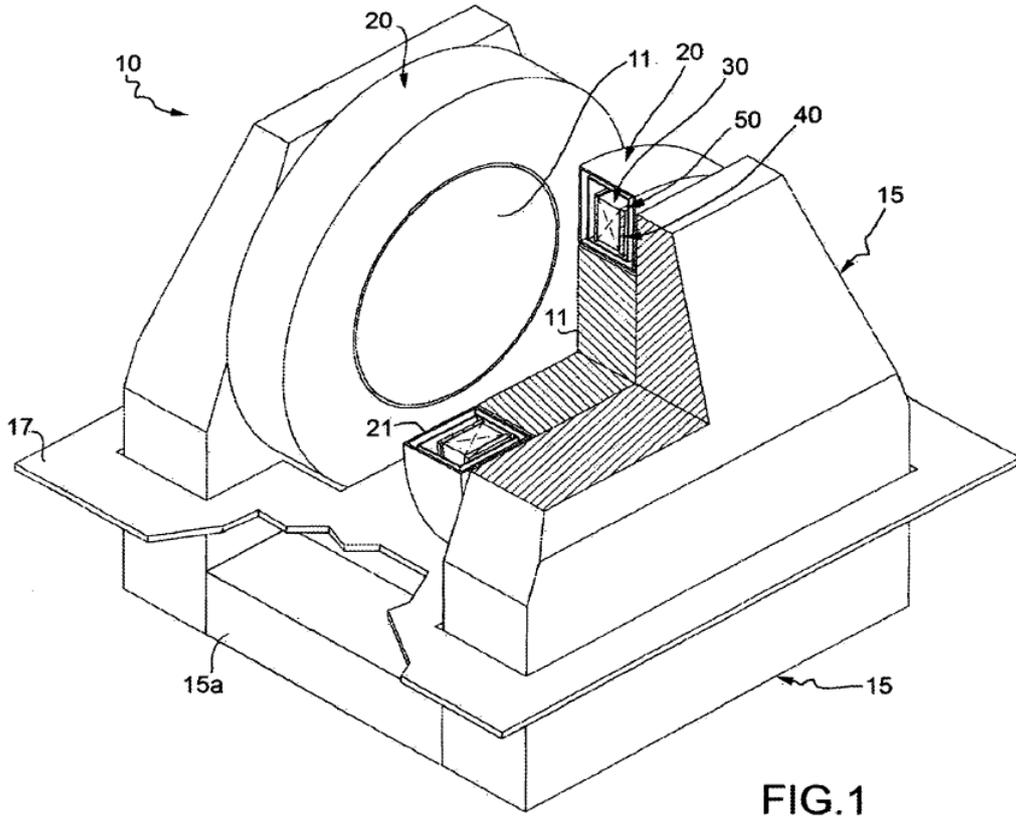
9.- Bobina de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, en la que dicho sistema de enfriamiento criogénico comprende al menos un crioenfriador (61) con dos etapas (62, 63) de refrigeración, cuya primera etapa (62) de refrigeración está conectada de manera térmicamente conductora a una pantalla (50) de calor y cuya segunda etapa (63) de refrigeración está conectada de manera térmicamente conductora a dicha al menos una lámina de enfriamiento.

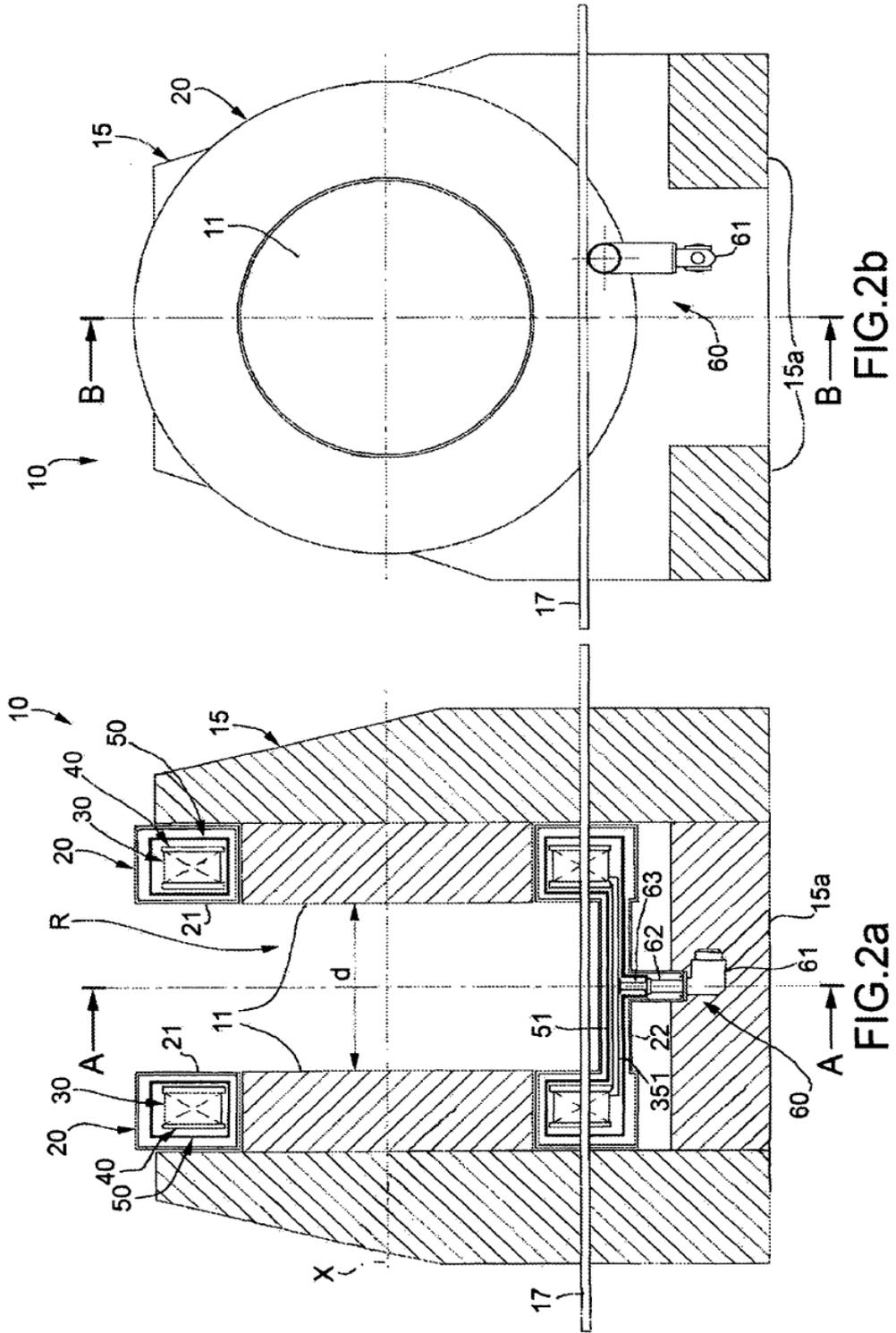
10.- Bobina de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, que también comprende vías (320) de alimentación eléctrica conectadas respectivamente a los terminales (311, 312) del conjunto de devanados, cuyas vías de alimentación están dispuestas como para proyectarse parcialmente fuera de la cámara (21) de vacío, estando previstas para la conexión a un suministrador externo de potencia, en la que cada vía de alimentación comprende: una primera parte (321) que está conectada directamente al conjunto de devanados y que está formada con un superconductor que tiene una temperatura crítica alta; y una segunda parte (322) que está conectada a la primera parte y se proyecta parcialmente desde la cámara (21) de vacío y que está hecha de material resistivo y tiene dimensiones tales como para minimizar tanto la potencia térmica generada por el efecto Joule como la conducción térmica.

11.- Bobina de acuerdo con las reivindicaciones 9 y 10, en la que dicha primera parte de las vías de alimentación está conectada de manera térmicamente conductora a la segunda etapa (63) de refrigeración del crioenfriador (60) y en la que una zona (323) para la conexión de dichas partes primera y segunda está conectada de manera térmicamente conductora a la primera etapa (62) de refrigeración del crioenfriador (60).

5

12.- Aparato de representación de imágenes de resonancia magnética, que comprende: un imán (10), que comprende una horquilla (15) con forma de U que conecta entre sí un par de caras (11) de polo que están separadas a una cierta distancia una de otra a lo largo de un eje polar (x), estando dispuesto dicho imán verticalmente de manera que el eje polar está dispuesto horizontalmente y por encima de la parte central (15a) de la horquilla, en el que las caras de polo definen entre ellas una zona (R) de recepción para un paciente, y medios de generación de flujo magnético que pueden ser controlados como para generar un flujo magnético dentro de la zona de recepción; en el que dichos medios de generación de flujo magnético comprenden un par de bobinas (20) de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, que están dispuestas respectivamente alrededor de dichas caras de polo.





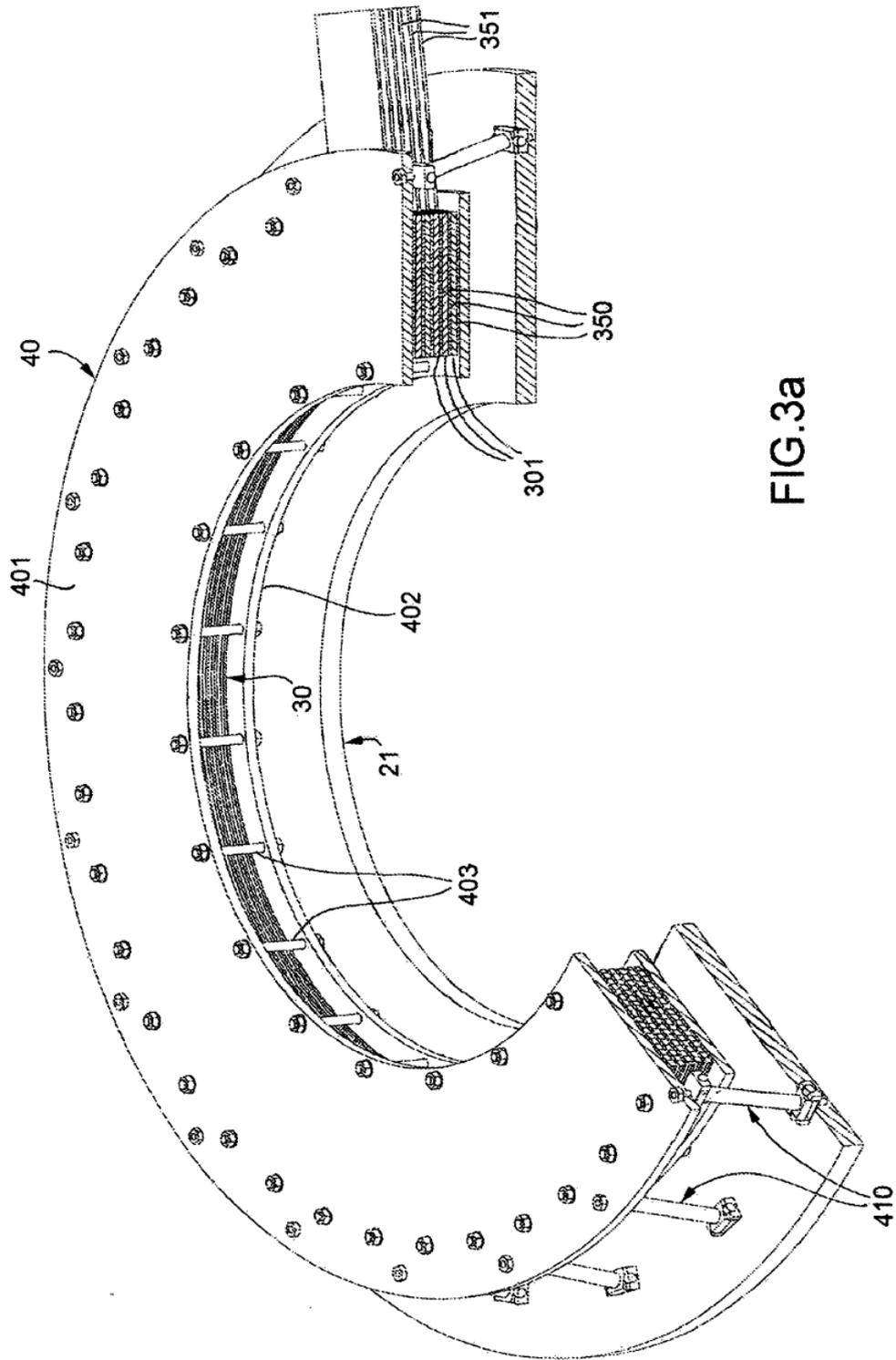
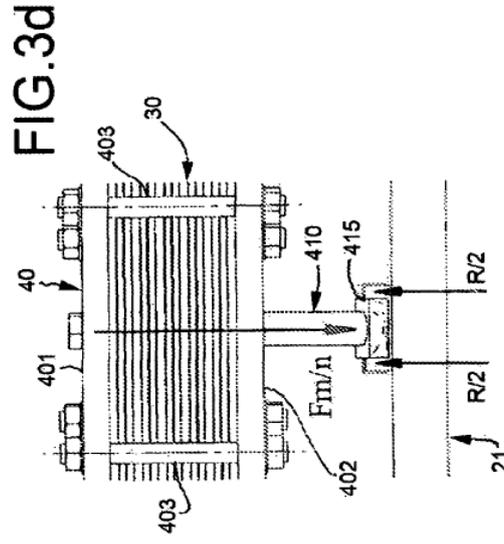
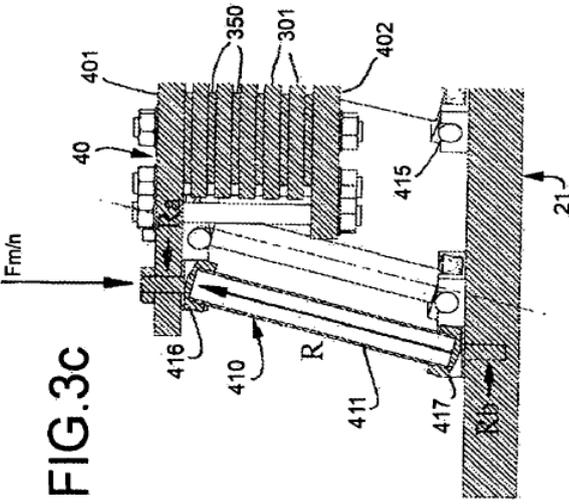
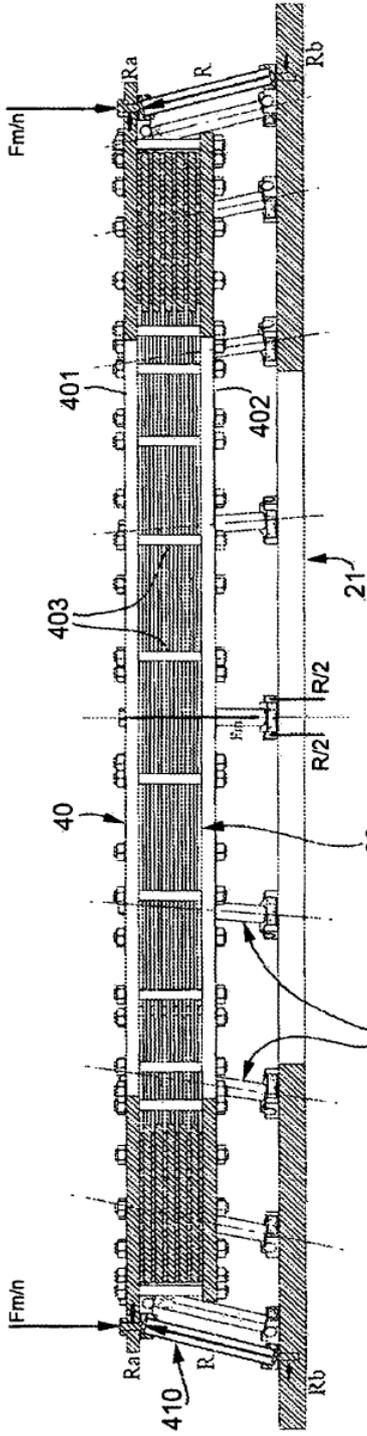


FIG.3a



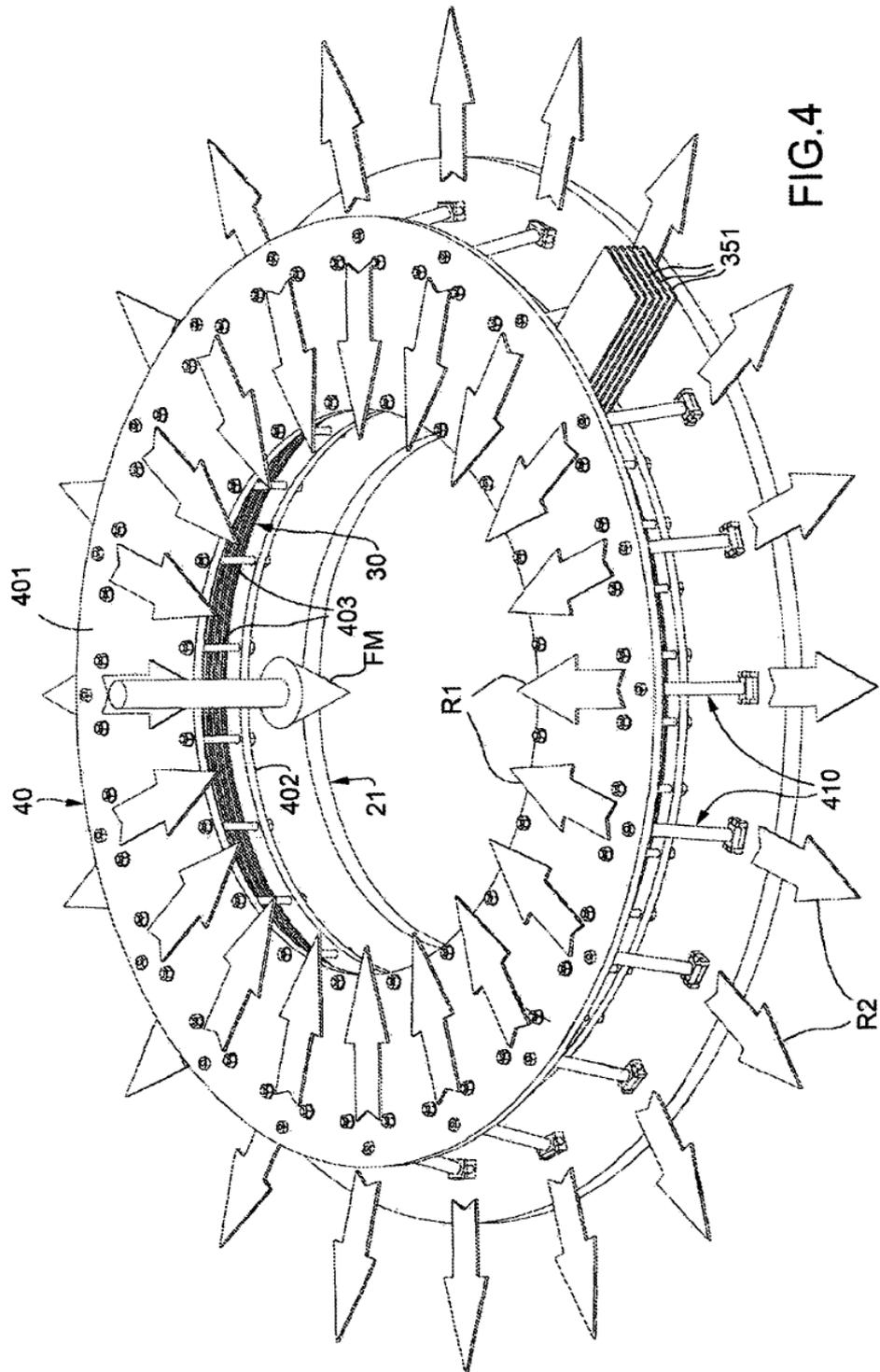
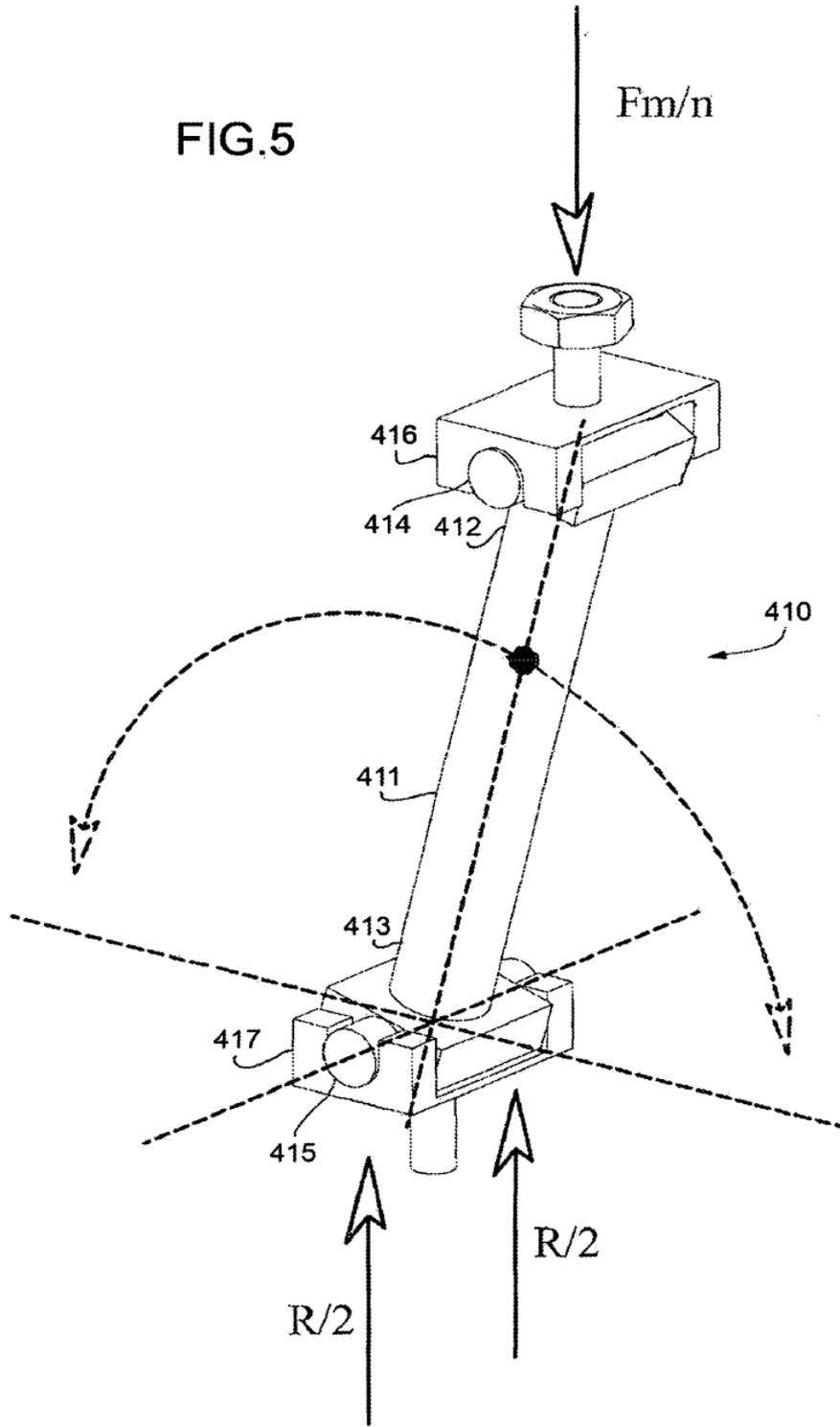


FIG.5



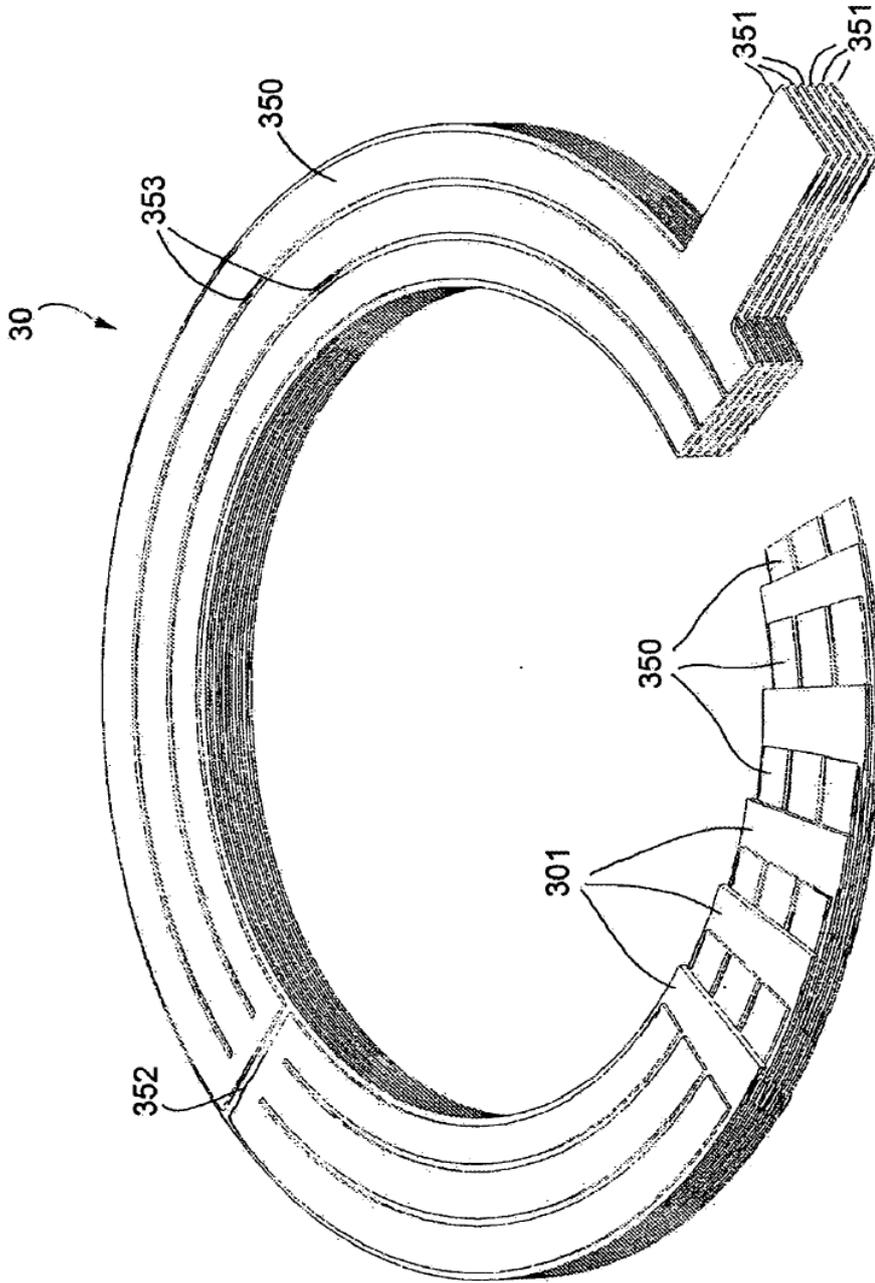


FIG.6

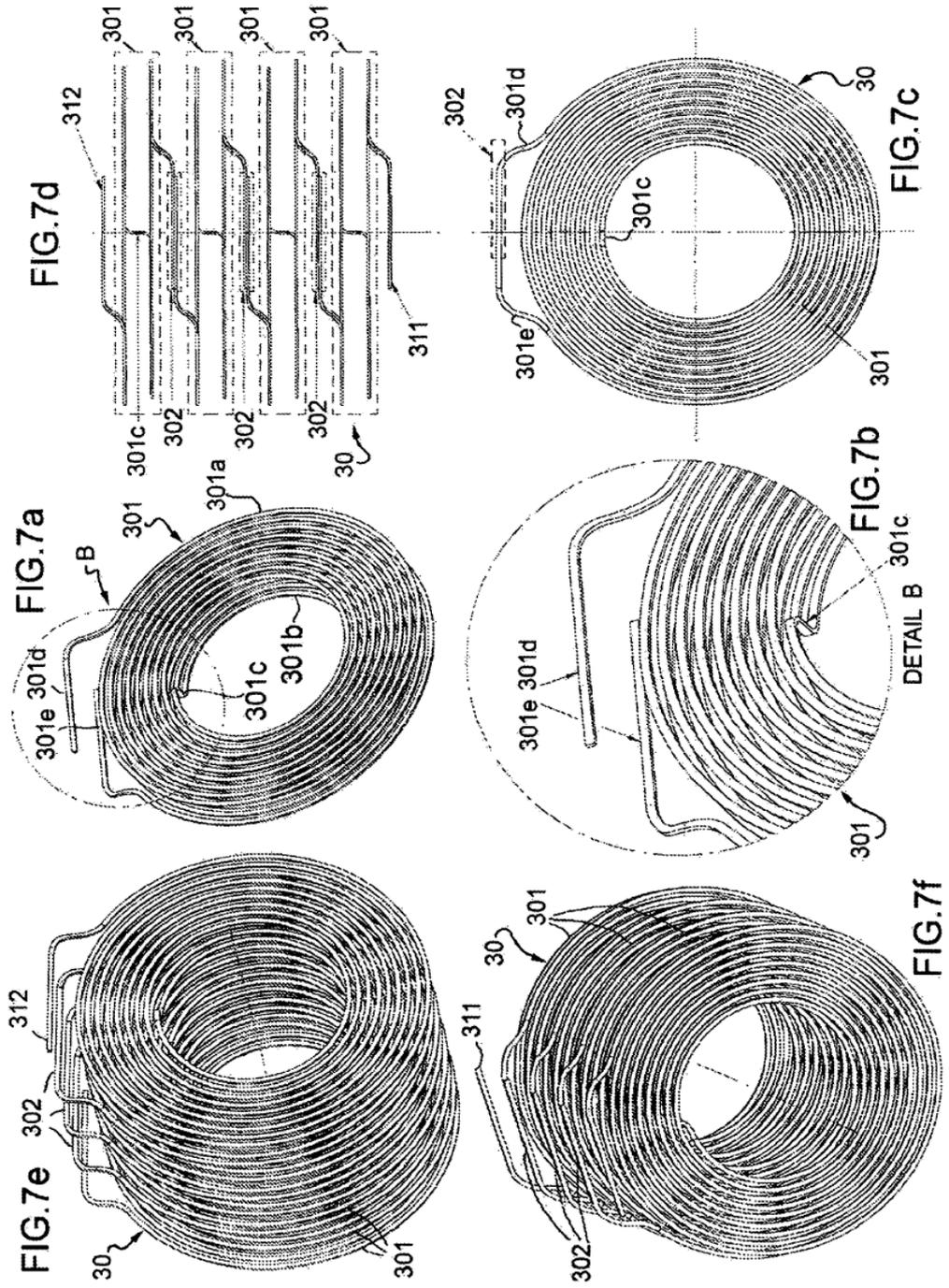


FIG.8

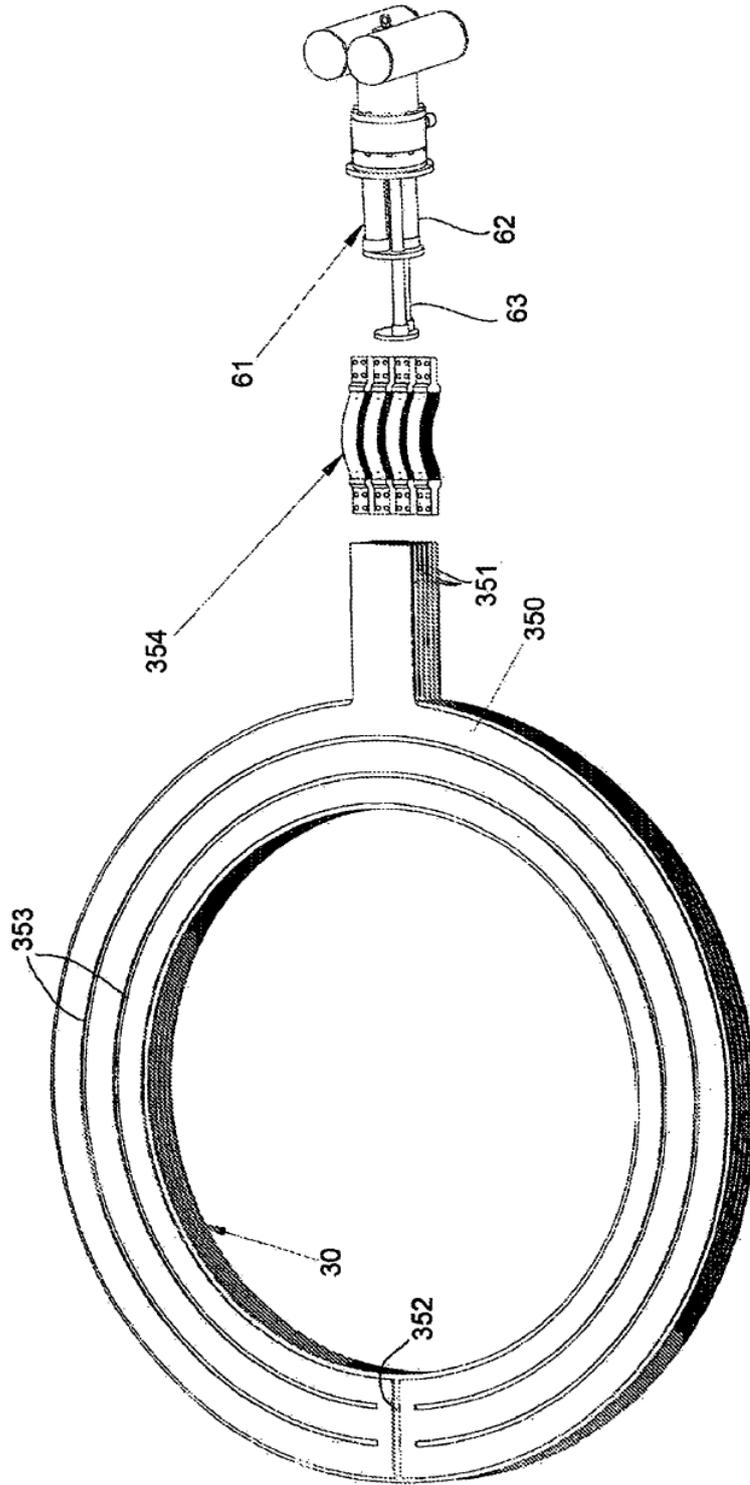
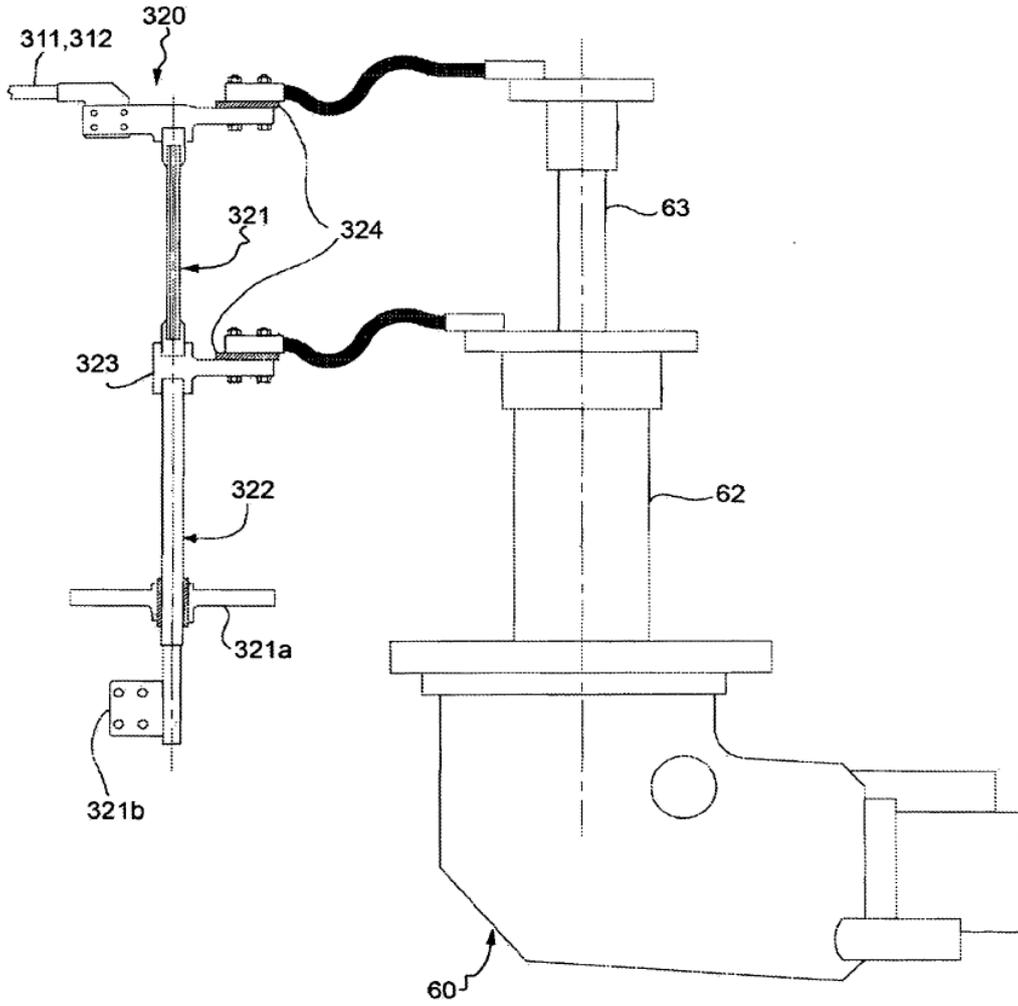
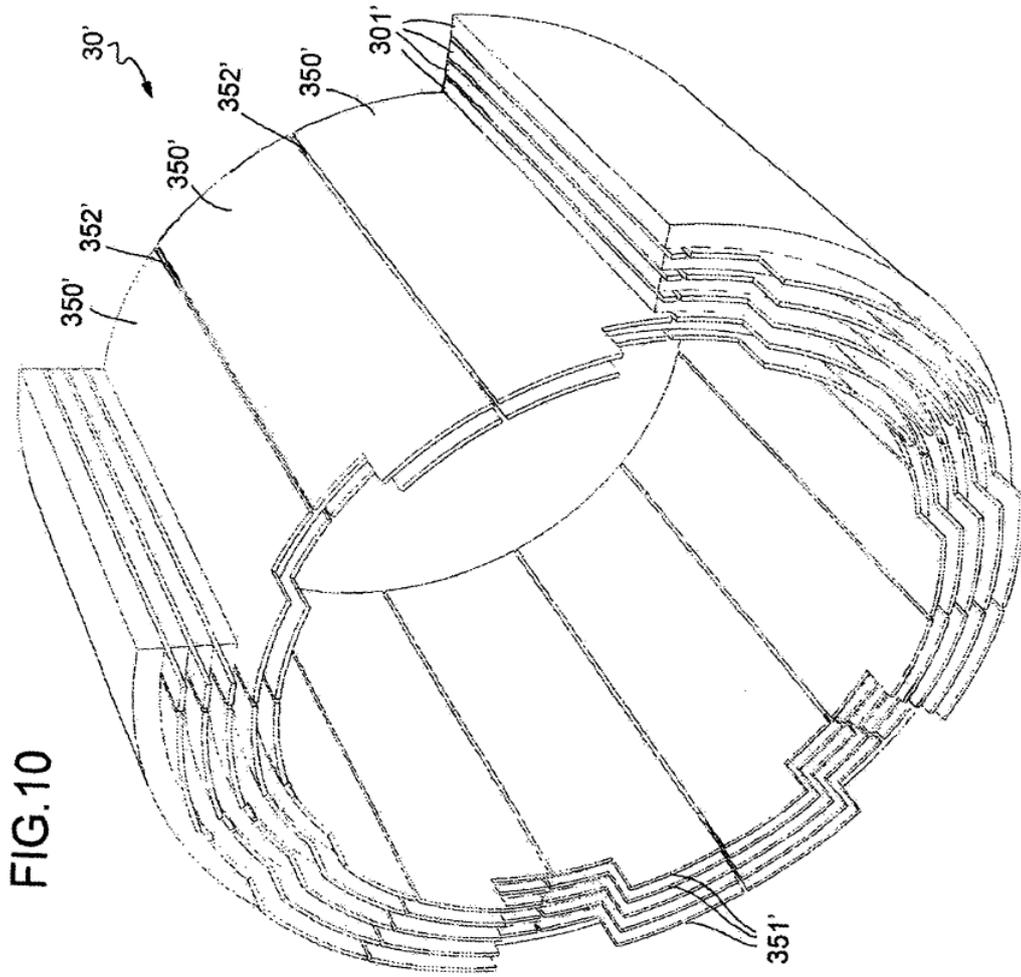


FIG.9





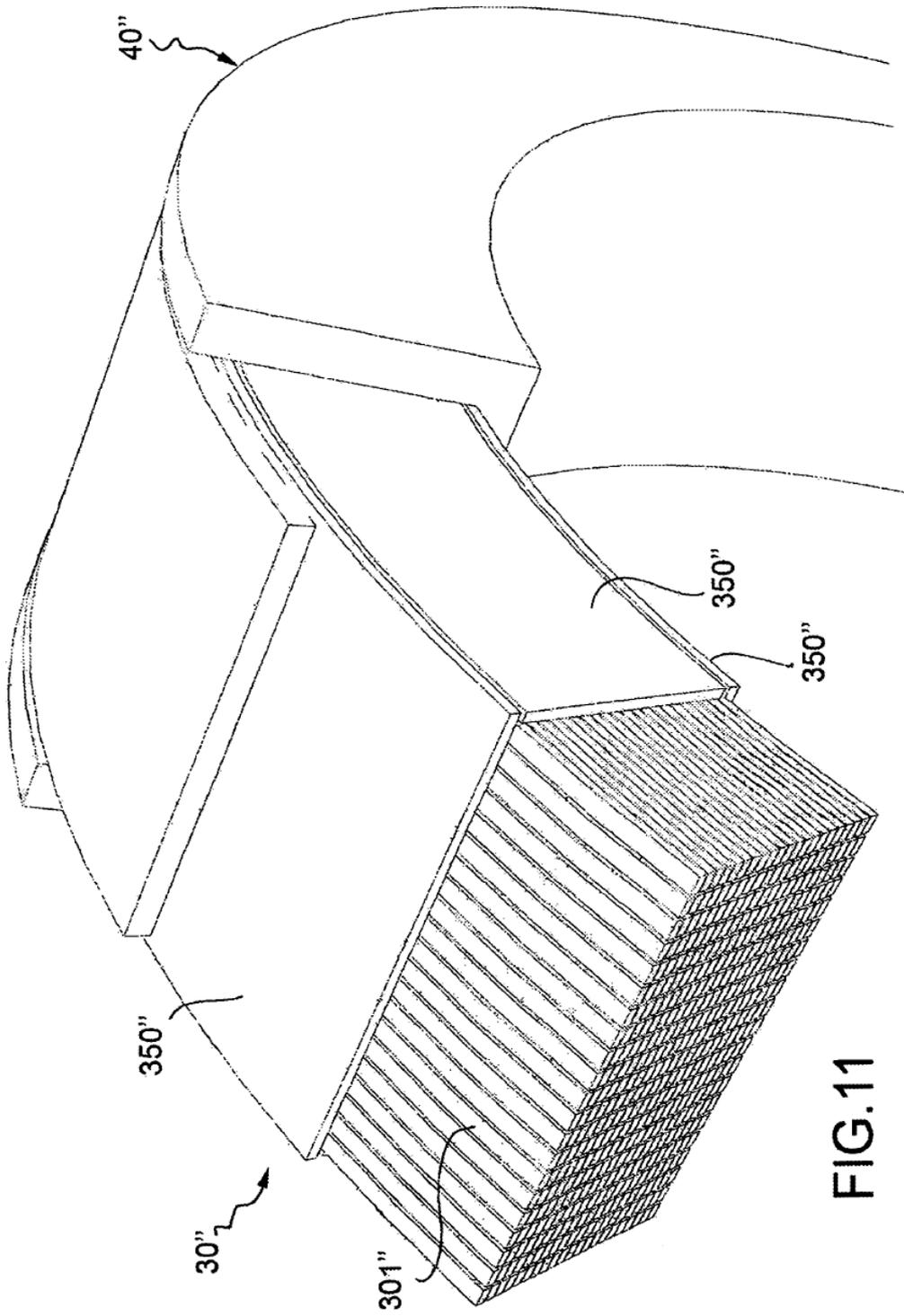


FIG.11