

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 441 808**

51 Int. Cl.:

H01F 6/04

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.05.2011** **E 11166896 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.11.2013** **EP 2390884**

54 Título: **Magnetizador superconductor**

30 Prioridad:

25.05.2010 US 786970

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

06.02.2014

73 Titular/es:

GENERAL ELECTRIC COMPANY (100.0%)

1 River Road

Schenectady, NY 12345, US

72 Inventor/es:

STAUTNER, ERNST WOLFGANG y

HARAN, KIRUBA SIVASUBRAMANIAM

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 441 808 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

Magnetizador superconductor

La invención versa, en general, acerca de magnetizadores y, más específicamente, acerca de un magnetizador superconductor para máquinas eléctricas, tales como motores, generadores o similares.

- 5 Normalmente, un magnetizador (generador de impulsos de magnetización) incluye una fuente de alimentación para generar un impulso de corriente CC. La energía eléctrica se extrae de equipos grandes de almacenamiento de energía, como una batería de condensadores. Entonces, se cierra un interruptor capaz de transportar corrientes muy elevadas para permitir que el impulso magnetizante fluya a través de las bobinas del magnetizador.

Se muestra un magnetizador, por ejemplo, en el documento EP 2081198.

- 10 Un número creciente de máquinas eléctricas grandes utilizan rotores de imanes permanentes para producir un campo magnético giratorio que unen devanados estáticos montados en torno al rotor. Convencionalmente, se utilizan magnetizadores resistivos para magnetizar uno o más de una pluralidad de imanes permanentes. El magnetizador incluye, además, una cabeza magnetizadora, y bobinas que forman los polos electromagnéticos del magnetizador. Las bobinas están energizadas para llevar a cabo la acción de magnetización del magnetizador por lo
15 que se produce un flujo de campo magnético al menos parcialmente en los volúmenes ocupados por los imanes permanentes. Los magnetizadores resistivos convencionales tienen requerimientos de suministro de energía excesivos cuando utilizan sistemas resistivos, requerimientos de gestión térmica excesivos durante su operación, y también regímenes complejos de enfriamiento. Por estas y otras razones existe una necesidad de la invención.

- 20 Según una realización ejemplar de la presente invención, se da a conocer un magnetizador superconductor. El magnetizador superconductor incluye un escudo térmico dispuesto en el interior de una cámara de vacío. Hay dispuesto un imán superconductor en el interior del escudo térmico y está configurado para generar un campo magnético en respuesta a una corriente eléctrica suministrada al imán superconductor. Hay dispuesto un dispositivo de transferencia de calor que comprende al menos uno de un dispositivo de conducción térmica, y un tubo de calor que hace contacto con el imán superconductor. Hay acoplado un refrigerador criogénico al dispositivo de
25 transferencia de calor y está configurado para enfriar el imán superconductor por medio del dispositivo de transferencia de calor. El magnetizador superconductor y el escudo térmico están soportados en la cámara de vacío por medio de una estructura de soporte.

- 30 Se comprenderán mejor diversos aspectos, características, y ventajas de las realizaciones de la presente invención cuando se lea la siguiente descripción detallada con referencia a los dibujos adjuntos en los que los caracteres similares representan partes similares en todos los dibujos, en los que:

- la FIG. 1 es una representación esquemática de un magnetizador superconductor que tiene un tubo de calor según una realización ejemplar de la presente invención;
la FIG. 2 es una representación esquemática de un imán superconductor acoplado a un *bus* térmico por medio de una conexión flexible según una realización ejemplar de la presente invención;
35 la FIG. 3 es una representación esquemática de un magnetizador superconductor que tiene otro tubo de calor según una realización ejemplar de la presente invención;
la FIG. 4 es una representación esquemática de un magnetizador superconductor que tiene un revestimiento eléctricamente no conductor dispuesto sobre una armadura de imán según una realización ejemplar de la presente invención;
40 la FIG. 5 es una representación esquemática de un escudo térmico ranurado de un magnetizador superconductor según una realización ejemplar de la presente invención;
la FIG. 6 es una representación esquemática de un escudo térmico de un magnetizador superconductor según una realización ejemplar de la presente invención;
45 la FIG. 7 es una representación esquemática de una disposición de un *bus* térmico y una cabeza refrigeradora en un magnetizador superconductor según una realización ejemplar de la presente invención;
la FIG. 8 es una representación esquemática de una disposición de un *bus* térmico y una cabeza refrigeradora en un magnetizador superconductor según una realización ejemplar de la presente invención;
la FIG. 9 es una representación esquemática de una disposición de un *bus* térmico y una cabeza refrigeradora en un magnetizador superconductor según una realización ejemplar de la presente invención;
50 la FIG. 10 es una representación esquemática de una estructura de soporte, por ejemplo, una disposición de tubos anidados para soportar un imán superconductor y un escudo térmico en un magnetizador superconductor según una realización ejemplar de la presente invención;
la FIG. 11 es una representación esquemática de una estructura de soporte, por ejemplo, una disposición de tubos anidados para soportar un imán superconductor y un escudo térmico en un magnetizador superconductor según una realización ejemplar de la presente invención; y
55 la FIG. 12 es una representación esquemática de una estructura de soporte, por ejemplo, una estructura apilada de múltiples capas para soportar un imán superconductor en un magnetizador superconductor según una realización ejemplar de la presente invención.

Según diversas realizaciones expuestas en el presente documento, se da a conocer un magnetizador superconductor. El magnetizador superconductor incluye un escudo térmico dispuesto en el interior de una cámara de vacío. Hay dispuesto un imán superconductor en el interior del escudo térmico y está configurado para generar un campo magnético en respuesta a una corriente eléctrica suministrada al imán superconductor. Hay dispuesto un dispositivo de transferencia de calor que incluye al menos uno de un dispositivo de conducción térmica, y un tubo de calor que hace contacto con el imán superconductor. Hay acoplado un refrigerador criogénico al dispositivo de transferencia de calor y está configurado para enfriar el imán superconductor por medio del dispositivo de transferencia de calor. El imán superconductor, el escudo térmico, o combinaciones de los mismos están soportados en la cámara de vacío por medio de un dispositivo de soporte. El magnetizador superconductor ejemplar tiene requerimientos mínimos de suministro de energía, y requerimientos mínimos de gestión térmica durante ciclos de enfriamiento.

Con referencia a la FIG. 1, se da a conocer un magnetizador superconductor 10 según una realización ejemplar de la presente invención. En la realización ilustrada, el magnetizador 10 tiene un imán superconductor 12 para magnetizar un rotor de una máquina eléctrica, por ejemplo un motor, generador o similar. El imán superconductor 12 incluye una bobina superconductora (no mostrada) y una armadura 13 de imán. La bobina superconductora está enrollada en la armadura 13 de imán. Un hilo de la bobina superconductora puede tener forma de cinta, con forma rectangular o redonda, o cualquier otra forma adecuada. El imán superconductor 12 está dispuesto en el interior de un escudo térmico 14 proporcionado en el interior de una cámara 16 de vacío. El imán superconductor 12 y el escudo térmico 14 están soportados en la cámara 16 de vacío por medio de una estructura 18 de soporte. Se debería hacer notar en el presente documento que la cámara 16 de vacío es una cámara de vacío de tipo cartucho que puede deslizarse al interior de una estructura para facilitar el campo magnético elevado para el componente que necesita ser magnetizado. La estructura 18 de soporte se explica con más detalle con referencia a figuras subsiguientes.

El imán superconductor 12 incluye un material que conducirá la electricidad sin resistencia eléctrica. La mayoría de conductores eléctricos tienen algo de resistencia eléctrica. Sin embargo, la resistencia eléctrica es una propiedad no deseable que tenga un conductor, debido a que la resistencia eléctrica consume energía como calor. La superconductividad se produce en materiales cuando se enfría el material por debajo de una temperatura crítica.

El imán superconductor 12 para magnetizar una máquina eléctrica giratoria normalmente utiliza una corriente eléctrica que fluye a través de la bobina superconductora para producir un campo magnético. A temperaturas ambiente, la bobina superconductora tiene una resistencia eléctrica definida. Sin embargo, cuando se enfría por debajo de la temperatura crítica, la bobina superconductora entra en un estado superconductor y pierde su resistencia eléctrica. El magnetizador superconductor 10 incluye un imán superconductor 12 con forma de circuito de atletismo. En ciertas realizaciones adicionales, el imán 12 puede ser circular, tener forma elíptica o forma de tortita. En algunas realizaciones, el imán superconductor incluye estannio de niobio, niobio-titanio, vanadio-galio, o combinaciones de los mismos. En la realización ilustrada, un dispositivo 20 de conducción térmica está dispuesto en contacto con el imán superconductor 12. El dispositivo ilustrado 20 de conducción térmica incluye un *bus* térmico 21 acoplado al imán superconductor 12 para enfriar el imán superconductor 12 mediante conducción térmica. En la realización ilustrada, el *bus* térmico 21 está acoplado de forma rígida al imán superconductor 12.

Hay dispuesto un primer tubo 22 de calor en una posición inclinada que se extiende desde un extremo frío 23 hasta un extremo caliente 24 del imán superconductor 12. El primer tubo 22 de calor transfiere calor desde el extremo caliente 24 hasta el extremo frío 23 del imán superconductor 12 por medio del efecto de tubo de calor. El efecto de tubo de calor hace referencia a una técnica de intercambio térmico pasivo basada en convección natural, que hace circular fluido sin la necesidad de una bomba mecánica. El movimiento convectivo del fluido comienza cuando se calienta el fluido en el primer tubo 22 de calor en el extremo caliente 24, haciendo que se expanda y se convierta en un gas menos denso y, por lo tanto, más boyante que el líquido más frío en el extremo frío 23 del primer tubo 22 de calor. La convección mueve el gas calentado hasta el extremo frío 23 en el primer tubo 22 de calor y es sustituido simultáneamente por líquido más frío que vuelve por gravedad al extremo caliente 24 del primer tubo 22 de calor. El primer tubo 22 de calor está acoplado al imán superconductor 12 por debajo del escudo térmico 14. El dispositivo 20 de conducción térmica y el primer tubo 22 de calor forman conjuntamente un dispositivo 25 de transferencia de calor. En ciertas realizaciones, se puede utilizar más de un primer tubo 22 de calor. En una realización, el dispositivo 25 de transferencia de calor puede incluir únicamente un primer tubo 22 de calor. En otra realización, el dispositivo 25 de transferencia de calor puede incluir únicamente el *bus* térmico 21. En otra realización, el dispositivo 25 de transferencia de calor puede incluir una combinación de *bus* térmico 21 y el primer tubo 22 de calor.

Hay acoplado un refrigerador criogénico 26 al dispositivo 20 de conducción térmica para enfriar el imán superconductor 12 por debajo de una temperatura crítica mediante el dispositivo 20 de conducción térmica por medio de conducción térmica. El refrigerador criogénico 26 es un dispositivo de refrigeración utilizado para conseguir temperaturas criogénicas al ciclar gases. El refrigerador criogénico 26 puede tener una pluralidad de etapas. En la realización ilustrada, el refrigerador criogénico 26 es un refrigerador criogénico de doble etapa, en concreto una primera etapa 28, y una segunda etapa 30. El primer tubo 22 de calor está acoplado al *bus* térmico 21 por medio de una unidad 29 de condensación (por ejemplo, una copa de licuación con aletas). Como se ha expuesto anteriormente, el primer tubo 22 de calor enfría el imán 12 por medio del efecto de tubo de calor. Se proporciona el

bus térmico 21 para transferir una carga térmica desde el imán superconductor 12 al refrigerador criogénico 26 mediante conducción térmica. Se optimiza la distancia entre el *bus* térmico 21 y el imán 12 para el campo magnético marginal mínimo, de forma que el rendimiento del refrigerador criogénico 26 no se degrade durante transiciones.

5 Con referencia a la FIG. 2, se ilustran el *bus* térmico 21 y el imán superconductor 12. En la realización ilustrada, el *bus* térmico 21 está acoplado al imán superconductor 12 por medio de una conexión flexible 31. La conexión flexible ilustrada 31 es una conexión con forma de S. También se conciben otros tipos de conexiones flexibles. En una realización, la conexión flexible 31 incluye una pluralidad de chapas delgadas muy conductoras de cobre o de aluminio apiladas encima unas de otras. En otra realización, la conexión flexible 31 incluye trenzas flexibles de cobre. En otra realización más, la conexión flexible 31 incluye un hilo dividido de aluminio. En otra realización más, la conexión flexible 31 incluye un apilamiento de bandas de aluminio o de cobre. Una separación 33 entre el imán 12 y el *bus* térmico 21 permite una reducción en la vibración y en la generación de corrientes parásitas cuando el refrigerador criogénico 26 está montado directamente en el *bus* térmico 21.

15 Con referencia a la FIG. 3, se da a conocer un magnetizador superconductor 10 según una realización ejemplar de la FIG. 1. En la realización ilustrada, además, la primera etapa 28 del refrigerador criogénico 26 está acoplada rígidamente al escudo térmico 14 para enfriar el escudo térmico 14 mediante conducción térmica. En una realización, se enfría el escudo térmico hasta una temperatura de aproximadamente 40 grados Kelvin. En la realización ilustrada, la primera etapa 28 del refrigerador criogénico 26 está acoplada mediante un segundo tubo 32 de calor al escudo térmico 14 y al *bus* térmico 21 para enfriar el imán superconductor 12 desde una temperatura ambiente hasta una temperatura de refrigeración mediante el efecto de tubo de calor. El segundo tubo 32 de calor reduce sustancialmente el tiempo de refrigeración para el magnetizador superconductor 10 durante operaciones inicial y subsiguientes de ciclos de enfriamiento. Se desactiva automáticamente el segundo tubo 32 de calor cuando se enfría el imán superconductor 12 hasta la temperatura predeterminada durante las operaciones inicial y subsiguientes de ciclos de enfriamiento.

25 Según las realizaciones expuestas con referencia a las FIGURAS 1 y 3, se facilita una transferencia de calor térmico entre el refrigerador criogénico 26 y el imán superconductor 12 por medio del dispositivo 20 de conducción térmica, y de los tubos 22, 32 de calor. Además, el magnetizador 10 no requiere refrigerantes criogénicos (libre de sustancias criogénicas) para enfriar el imán superconductor 12. Tal refrigeración del imán superconductor 12 facilitar una transición ascendente/descendente rápida del magnetizador 10, minimizando de ese modo el calentamiento por corrientes parásitas y, de esta manera, el balance térmico. El imán superconductor 12 comprende una aleación superconductora que incluye estannuro de niobio, niobio-titanio, vanadio-galio, o combinaciones de los mismos. Se escoge el hilo superconductor de forma que se pueda energizar el imán 12 con mínimas pérdidas por histéresis.

30 Con referencia a la FIG. 4, se da a conocer un magnetizador superconductor 10 según una realización ejemplar de la FIG. 3. En la realización ilustrada, además, el imán superconductor 12 incluye un revestimiento eléctricamente no conductor 34 dispuesto sobre una armadura magnética 13. El revestimiento no conductor 34 evita el cortocircuito de los devanados superconductores. En una realización, el revestimiento no conductor 34 incluye óxido de aluminio o similar dispuesto sobre la armadura 13 de imán. En ciertas realizaciones, el imán superconductor 12 puede incluir un hilo dividido 47 térmicamente conductor, aislado eléctricamente, dispuesto en la armadura 13 de imán después del devanado y antes de la reacción del hilo y de un proceso criogénico de impregnación de epoxi al vacío para un transporte térmico mejorado y pérdidas minimizadas causadas por corrientes parásitas.

40 Un problema en la gestión térmica del imán superconductor 12 es la diferencia de temperatura entre el extremo frío 23 y el extremo caliente 24 del imán superconductor 12. Se debería minimizar la diferencia de temperatura entre el extremo frío 23 y el extremo caliente 24 del imán superconductor 12 para que el imán superconductor 12 opere de forma óptima en su espacio diseñado. En la realización ilustrada, el hilo dividido transfiere de forma eficaz calor desde el extremo caliente 24 hasta el extremo frío 23 y no genera grandes pérdidas por corrientes parásitas durante las transiciones.

45 Con referencia a la FIG. 5, se da a conocer un escudo térmico 14 según una realización ejemplar de la presente invención. En la realización ilustrada, el escudo térmico 14 incluye una pluralidad de bandas 35 de aluminio intercaladas entre bandas G10 37. Las bandas G10 37 están remachadas sobre la pluralidad de bandas 35 de aluminio. En otras ciertas realizaciones, las bandas G10 37 pueden estar atornilladas o encoladas a la pluralidad de bandas 35 de aluminio. También se conciben otras técnicas de unión/fijación. Se debería hacer notar en el presente documento que las bandas 35 de aluminio no hacen contacto entre sí. Las bandas 35 de aluminio están separadas entre sí por medio de una prolongación 39 de la banda inferior G10 37 para evitar la generación de un bucle de corrientes parásitas. Las bandas 35 de aluminio actúan como un medio para la transferencia de calor. Tal configuración proporciona flexibilidad y evita la deformación plástica del escudo térmico 14.

55 Con referencia a la FIG. 6, se da a conocer el escudo térmico 14 similar al de la anterior realización de la presente invención. En la realización ilustrada, el escudo térmico 14 incluye la pluralidad de bandas 35 de aluminio intercaladas entre bandas G10 37. Las bandas G10 37 están remachadas o atornilladas sobre la pluralidad de bandas 35 de aluminio. Las bandas 35 de aluminio están separadas entre sí por medio de una prolongación 39 de la banda G10 37 para evitar la generación de un bucle de corrientes parásitas.

Con referencia a la FIG. 7, se da a conocer una disposición del *bus* térmico 21 y de la cabeza refrigeradora 36 del refrigerador criogénico para una refrigeración eficaz del imán superconductor. Como se ha dado a conocer anteriormente, la armadura 13 de imán superconductor está ubicada en la cámara 16 de vacío. El *bus* térmico 21 está indicado por la porción de rayado sencillo y está ubicado próximo a la armadura 13 de imán en la cámara 16 de vacío. El *bus* térmico 21 está acoplado a la cabeza refrigeradora 36 del refrigerador criogénico y está configurado para facilitar la refrigeración del imán superconductor mediante conducción térmica.

Con referencia a la FIG. 8, se da a conocer una disposición del *bus* térmico 21 y de la cabeza refrigeradora 36 del refrigerador criogénico para una refrigeración eficaz del imán superconductor. En la realización ilustrada, el *bus* térmico 21 está ubicado en la armadura 13 de imán en la cámara 16 de vacío. El *bus* térmico 21 está acoplado a la cabeza refrigeradora 36 del refrigerador criogénico y está configurado para facilitar la refrigeración del imán superconductor mediante conducción térmica.

Con referencia a la FIG. 9, se da a conocer una disposición del *bus* térmico 21 y de la cabeza refrigeradora 36 del enfriador criogénico para una refrigeración eficaz del imán superconductor. En la realización ilustrada, el *bus* térmico 21 está ubicado en la armadura 13 de imán en la cámara 16 de vacío. En comparación con la anterior realización de la FIG. 8, en la realización ilustrada, el *bus* térmico 21 está dispuesto extendiéndose en cuatro direcciones distintas en la armadura 13 de imán. El *bus* térmico 21 está acoplado a la cabeza refrigeradora 36 del enfriador criogénico y está configurado para facilitar una refrigeración mejorada del imán superconductor mediante conducción térmica.

Con referencia a la FIG. 10, se da a conocer la estructura 18 de soporte para soportar el imán superconductor 12 y el escudo térmico 14. Como se ha expuesto anteriormente, el imán superconductor 12 y el escudo térmico 14 están soportados en la cámara 16 de vacío por medio de la estructura 18 de soporte. En la realización ilustrada, la estructura 18 de soporte incluye una disposición 38 de tubos anidados acoplada a la armadura 13 de imán superconductor y está configurada para soportar la armadura 13 en la cámara 16 de vacío. Cada disposición 38 de tubos anidados incluye un tubo interno 40 dispuesto en el interior de un tubo externo 42. El tubo interno 40 está dispuesto conectando la armadura 13 y una conexión 43 del escudo térmico. El tubo externo 42 está dispuesto conectando la conexión 43 del escudo térmico y la cámara 16 de vacío. En otra realización ejemplar, la disposición 38 de tubos anidados puede tener más de dos tubos dispuestos de forma anidada. En ciertas realizaciones, el número de disposiciones 38 de tubos anidados también puede variar dependiendo de la aplicación. El número 41 de referencia indica regiones de vacío en la estructura 18 de soporte.

Con referencia a la FIG. 11, se da a conocer la estructura 18 de soporte para soportar el imán superconductor 12 y el escudo térmico 14. Como se ha expuesto en la anterior realización, el imán superconductor 12 y el escudo térmico 14 están soportados en la cámara 16 de vacío por medio de la estructura 18 de soporte. En la realización ilustrada, la estructura 18 de soporte incluye la disposición 38 de tubos anidados acoplada a una abrazadera envolvente 44 dispuesta rodeando la armadura 13 de imán superconductor y configurada para soportar la armadura 13 en la cámara 16 de vacío. La disposición 38 de tubos anidados incluye el tubo interno 40 dispuesto en el interior del tubo externo 42. La disposición ilustrada 38 de tubos anidados incluye, además, otro tubo interno 45 dispuesto en el interior del tubo interno 40. El tubo interno 45 está dispuesto conectando la abrazadera envolvente 44 y la conexión 43 del escudo térmico. El número 49 de referencia indica regiones de vacío en la estructura 18 de soporte. Según realizaciones dadas a conocer con referencia a las FIGURAS 10 y 11, los componentes dispuestos en la cámara de vacío son capaces de soportar las grandes fuerzas de campo magnético de varios cientos de kN cuando se energiza el imán superconductor 12. La estructura 18 de soporte facilita que los componentes soporten cargas mecánicas elevadas y cargas térmicas reducidas. Se debería hacer notar aquí que en comparación con la realización de la FIG. 10, en la realización ilustrada, se reduce la altura construida. Como resultado, la armadura 13 de imán está dispuesta más cerca de un componente que necesita ser magnetizado. En tal realización, se reduce una longitud de hilo requerida para que el imán superconductor 12 consiga un campo magnético elevado, por ejemplo de 10 teslas. El componente se magnetiza homogéneamente.

Con referencia a la FIG. 12, se da a conocer una estructura alterna 46 de soporte para soportar un imán superconductor 48 en una cámara 50 de vacío. De forma similar a las anteriores realizaciones, el imán superconductor 48 está dispuesto en el interior de un escudo térmico 51 proporcionado en el interior de la cámara 50 de vacío. En la realización ilustrada, la estructura 46 de soporte incluye un bloque 52 de fijación acoplado a una armadura 54 del imán 48 y otro bloque 56 de fijación acoplado a la cámara 50 de vacío. La estructura 46 de soporte incluye una estructura apilada 58 de múltiples capas al vacío dispuesta entre los bloques 52, 56 de fijación. La estructura apilada 58 de múltiples capas es un apilamiento de cintas delgadas dobladas con forma de V e incluye Staybrite, Tufnol, Mylar compacto, latón, o combinaciones de los mismos. La estructura 58 tiene una resistencia de contacto térmico sustancialmente superior que permite soportar mayores cargas compresivas a temperaturas criogénicas. Cuando se somete al imán superconductor 48 a cargas mecánicas y térmicas, se comprime la estructura 58, lo que tiene como resultado un contacto mutuo de las superficies macroscópicamente planas de la estructura 58. El contacto mutuo de las superficies planas solo se produce en regiones limitadas. Tal realización es útil para soportar el imán 48 contra fuerzas sustancialmente mayores y cuando el imán 48 necesita ser movido sustancialmente aún más cerca de un componente que va a ser magnetizado.

Aunque solo se han ilustrado y descrito en la presente memoria ciertas características de la invención, a los expertos en la técnica se les ocurrirán muchos cambios y modificaciones. Por lo tanto, se debe entender que se concibe que las reivindicaciones adjuntas abarquen todos los cambios y las modificaciones de los tipos que se encuentren dentro del alcance de la invención.

REIVINDICACIONES

1. Un magnetizador superconductor (10), que comprende:
 - una cámara (16) de vacío;
 - un escudo térmico (14) dispuesto en el interior de la cámara (16) de vacío,
 - un imán superconductor (12) dispuesto en el interior del escudo térmico (14) y configurado para generar un campo magnético en respuesta a una corriente eléctrica suministrada al imán superconductor (12);
 - caracterizado por:**
 - un dispositivo (25) de transferencia de calor que comprende un dispositivo (20) de conducción térmica, y al menos un tubo (22, 32) de calor dispuesto en contacto con el imán superconductor (12);
 - un refrigerador criogénico (26) acoplado al dispositivo (25) de transferencia de calor y configurado para enfriar el imán superconductor (12) por medio del dispositivo (25) de transferencia de calor; y en el que el imán superconductor (12) y el escudo térmico (14) están soportados en la cámara (16) de vacío por medio de una estructura (18) de soporte.
2. El magnetizador superconductor (10) de la reivindicación 1, en el que el dispositivo (20) de conducción térmica comprende un *bus* térmico (21) acoplado al refrigerador criogénico (26) y al imán superconductor (12).
3. El magnetizador superconductor (10) de la reivindicación 2, en el que el *bus* térmico (21) está acoplado de forma rígida al imán superconductor (12).
4. El magnetizador superconductor (10) de la reivindicación 2 o 3, en el que el *bus* térmico (21) está acoplado al imán superconductor (12) por medio de una conexión flexible (31).
5. El magnetizador superconductor (10) de cualquier reivindicación precedente, en el que el escudo térmico (14) comprende un escudo térmico ranurado que comprende una pluralidad de bandas (35) de aluminio unidas entre bandas G10 (37), de tal forma que las bandas (35) de aluminio no hacen contacto entre sí.
6. El magnetizador superconductor (10) de cualquier reivindicación precedente, en el que la estructura (18) de soporte comprende al menos una disposición (38) de tubos anidados acoplada a una armadura de imán superconductor y está configurada para soportar al imán superconductor (12) en la cámara (16) de vacío.
7. El magnetizador superconductor (10) de cualquier reivindicación precedente, en el que la estructura (18) de soporte comprende al menos una disposición (38) de tubos anidados acoplada a una abrazadera envolvente (44) dispuesta rodeando una armadura de imán superconductor y configurada para soportar el imán superconductor (12) en la cámara (16) de vacío.
8. El magnetizador superconductor (10) de cualquier reivindicación precedente, en el que la estructura (18) de soporte comprende una estructura apilada (58) de múltiples capas acoplada a una armadura de imán superconductor y configurada para soportar el imán superconductor (12) en la cámara (16) de vacío.

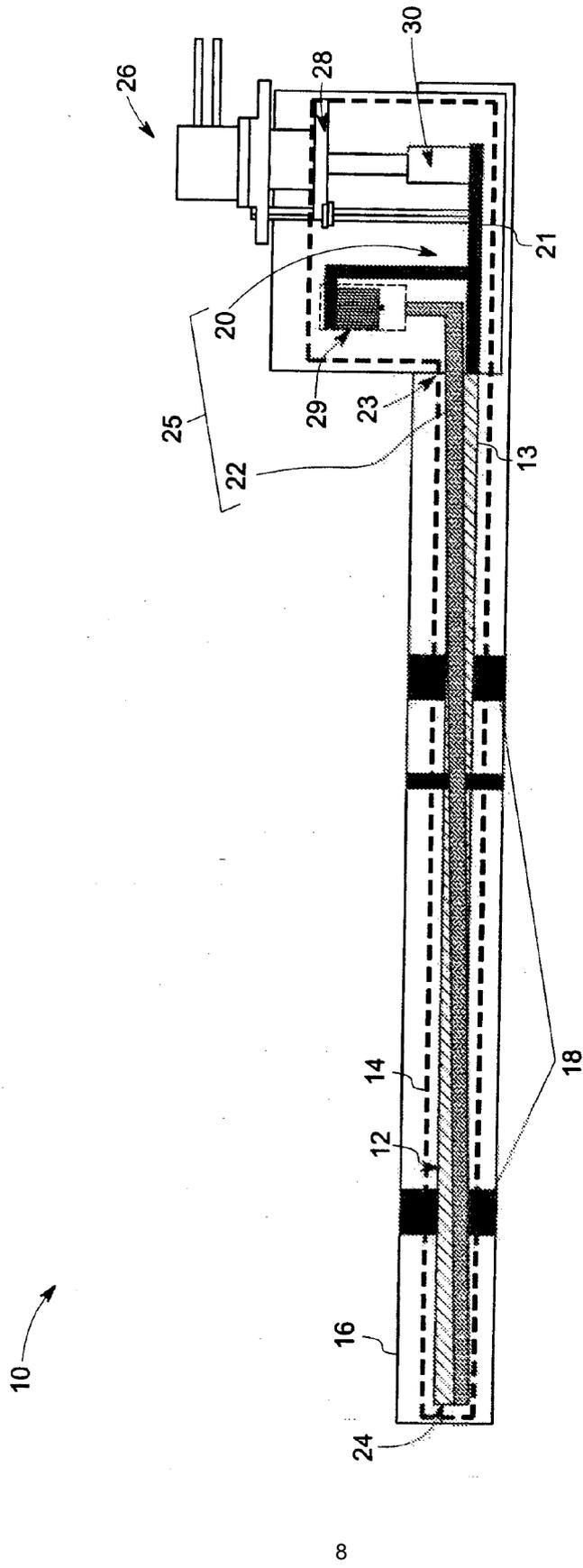


FIG. 1

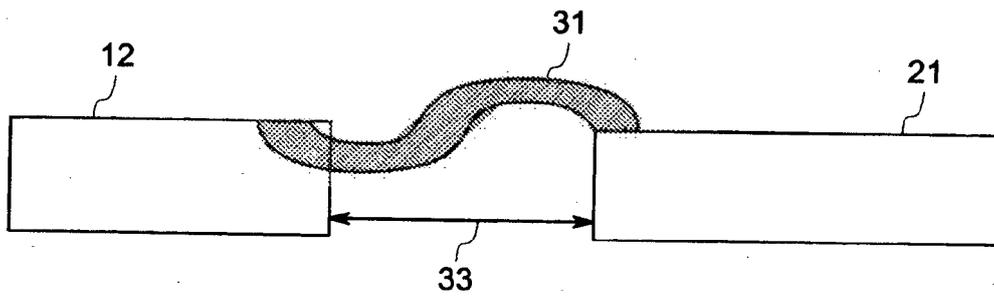


FIG. 2

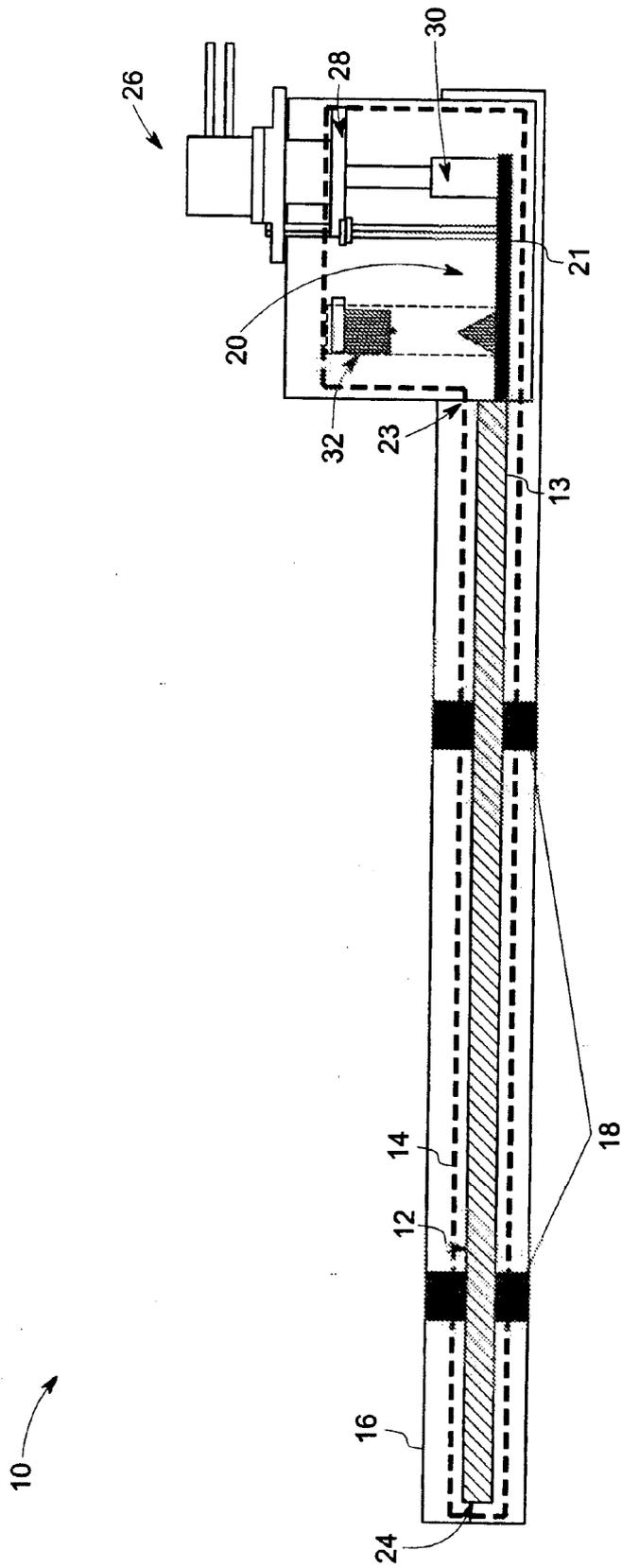


FIG. 3

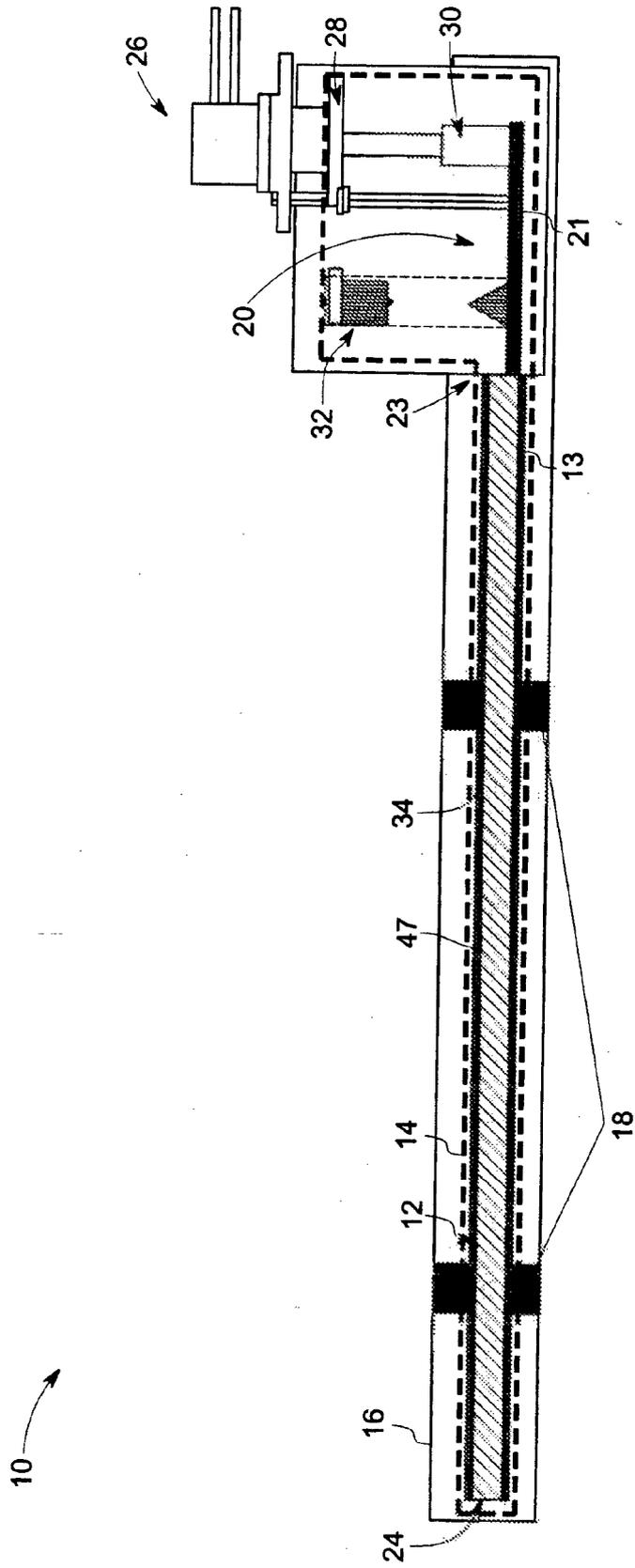


FIG. 4

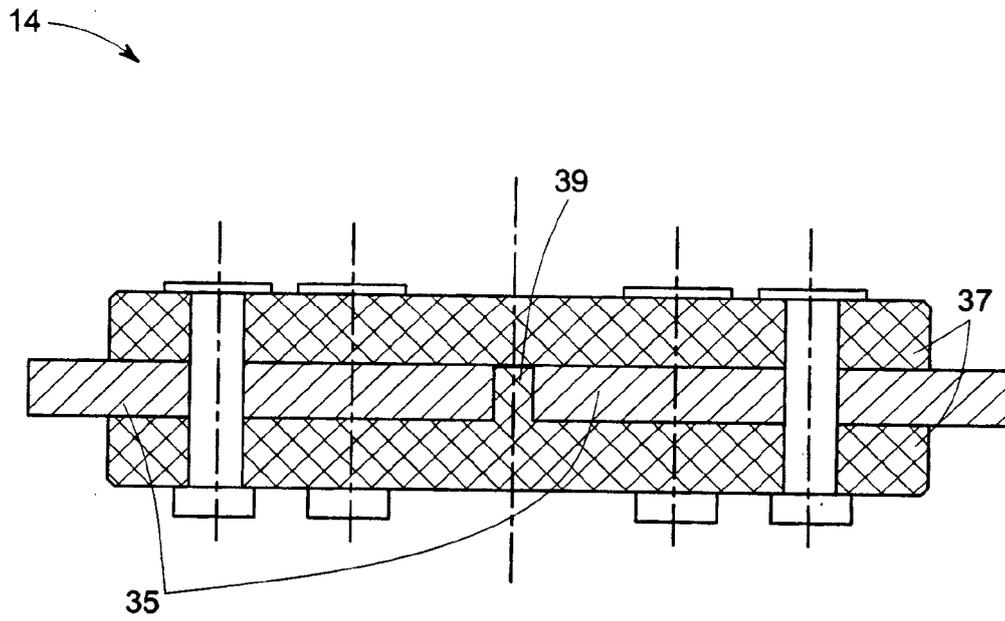


FIG. 5

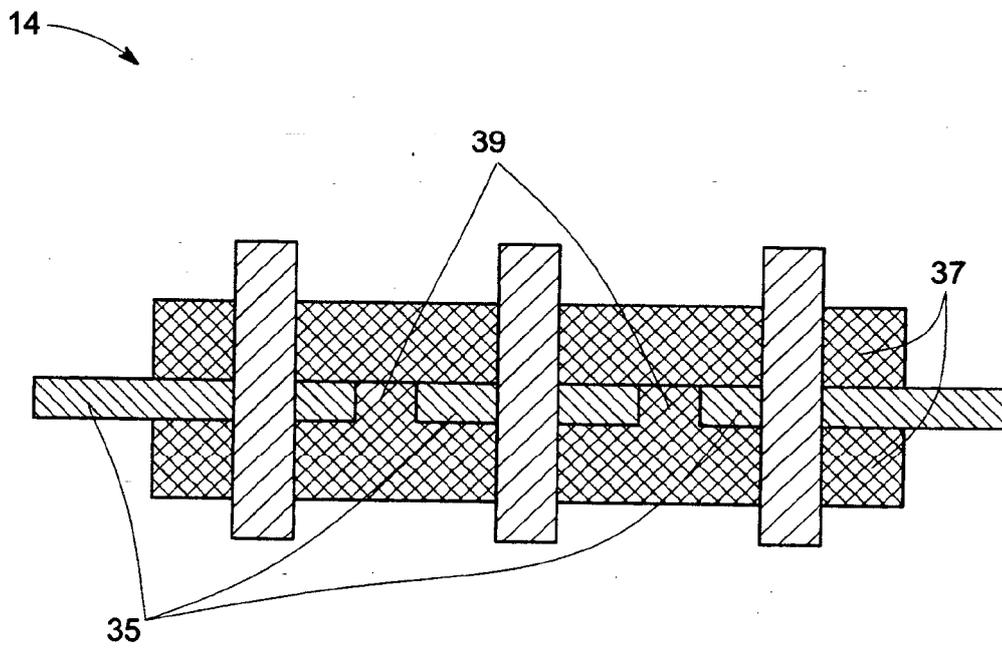


FIG. 6

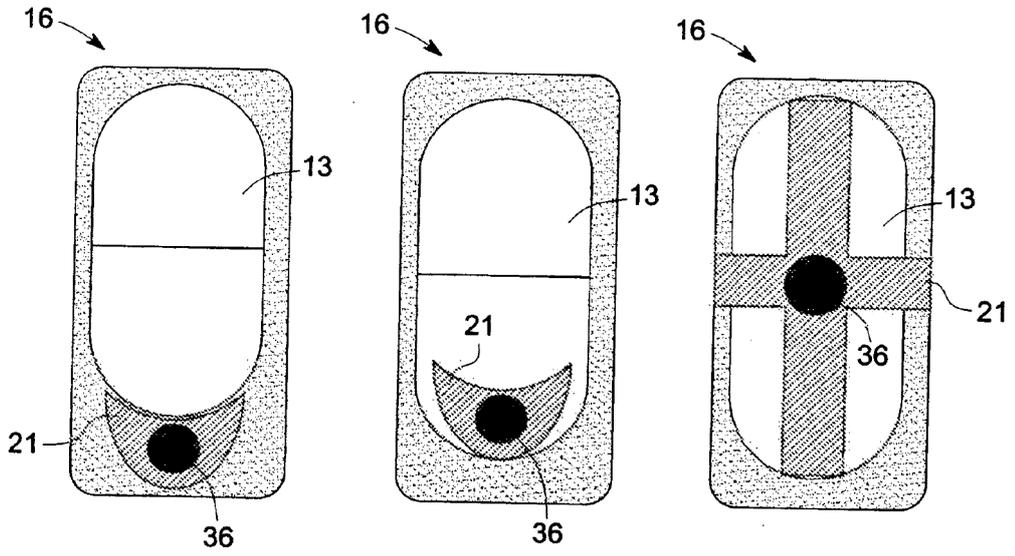


FIG. 7

FIG. 8

FIG. 9

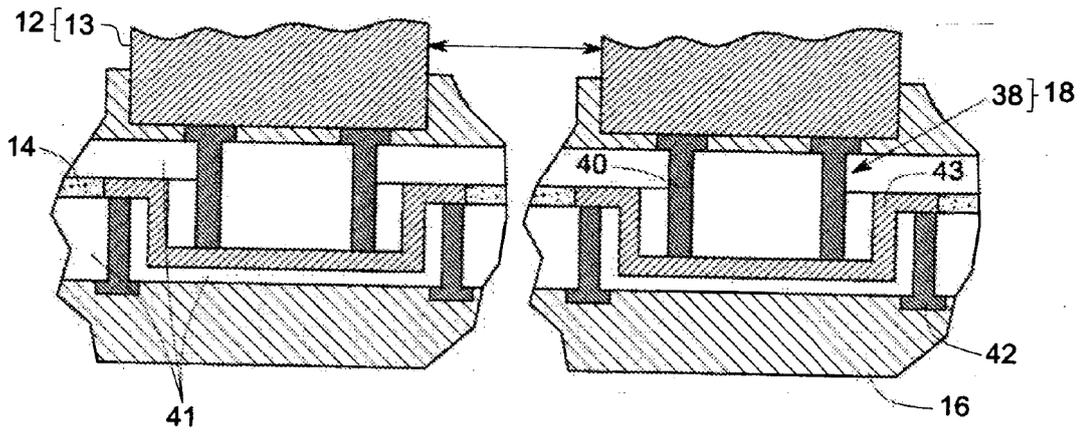


FIG. 10

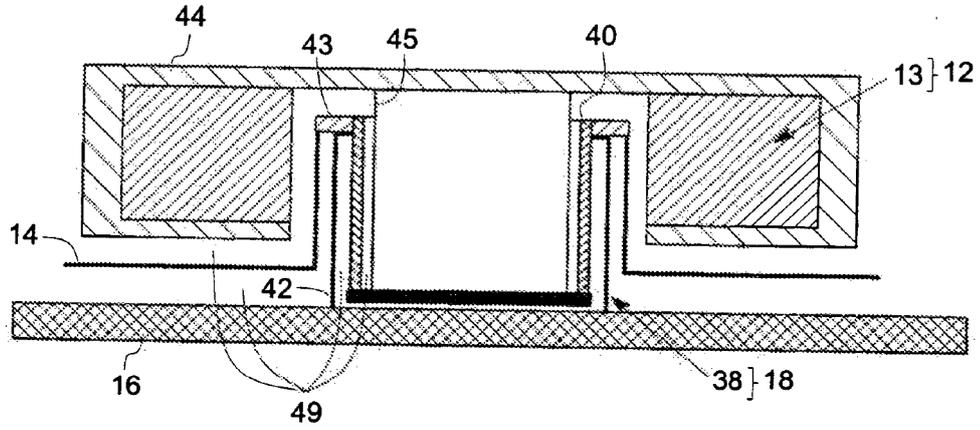


FIG. 11

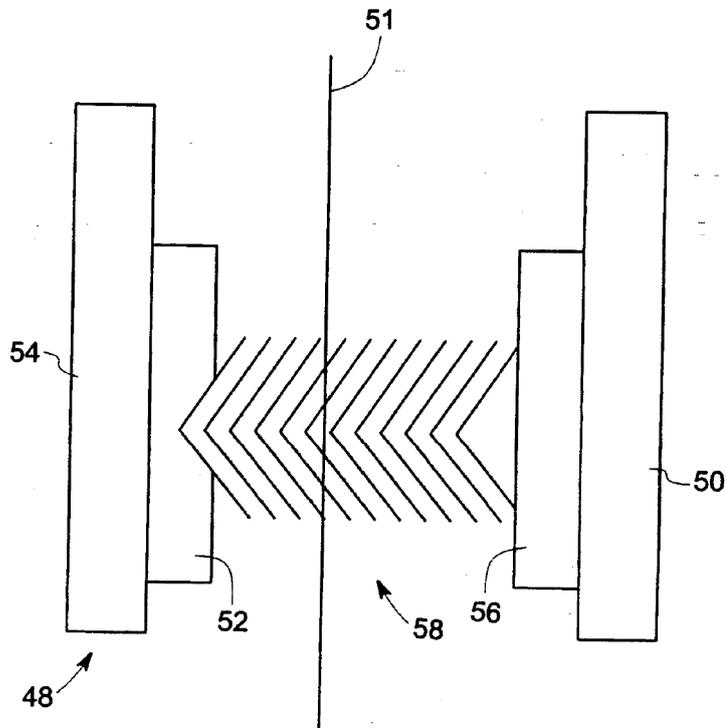
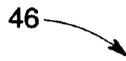


FIG. 12