

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 392 633**

51 Int. Cl.:

H01L 23/473 (2006.01)

H01L 25/07 (2006.01)

H01L 25/11 (2006.01)

H01L 23/367 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **08015769 .6**

96 Fecha de presentación: **08.09.2008**

97 Número de publicación de la solicitud: **2161745**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **10.03.2010**

54 Título: **Conjuntos de elementos apilados que contienen dispositivos semiconductores**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:

12.12.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:

12.12.2012

73 Titular/es:

**CONVERTEAM TECHNOLOGY LTD (100.0%)
BOUGHTON ROAD
RUGBY WARWICKSHIRE CV21 1BU, GB**

72 Inventor/es:

**CRANE, ALLAN DAVID;
BRADLEY, STUART IAN y
LODDICK, SEAN JOSEPH**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 392 633 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

Conjuntos de elementos apilados que contienen dispositivos semiconductores

Campo técnico

- 5 La presente invención se refiere a conjuntos de elementos apilados que contienen dispositivos semiconductores, y en particular, a conjuntos de elementos apilados que están diseñados específicamente para ser sumergidos en un dieléctrico líquido.

Técnica antecedente

- 10 El documento DE 2739520 describe un conjunto de elementos apilados en el que dispositivos semiconductores 1 se encuentran intercalados entre enfriadores 2 que operan funcionalmente como disipadores de calor. Los dispositivos semiconductores 1 y los enfriadores 2 se mantienen juntos como un conjunto de elementos apilados por medio de pernos 6, 7 que aplican una fuerza de compresión por contacto. Los enfriadores 2 tienen nervios radiales 17 que definen canales axiales o helicoidales a través de los cuales el aceite puede fluir. Los enfriadores 2 también proporcionan energía eléctrica a los dispositivos semiconductores 1 como se muestra esquemáticamente en la figura 3 del documento DE 2739520. El conjunto de elementos apilados se sumerge en un depósito lleno de aceite y está rodeada por una camisa aislante 23. Los dispositivos semiconductores individuales 1 tienen una construcción de paquete prensado convencional y están sellados herméticamente dentro de una carcasa.

Disposiciones similares se desvelan también en los documentos RU 2151448, JP 08-097338 y US 4010489.

El documento JP 2005-019849 desvela un aparato en el que una estructura de chips semiconductores montada en un sustrato está directamente sumergida en un fluido aislante con fines de refrigeración.

20 **Sumario de la invención**

La presente invención está definida en la reivindicación 1. Las realizaciones preferidas están definidas en las reivindicaciones dependientes.

El conjunto de elementos apilados comprende preferiblemente una pluralidad de dispositivos semiconductores, estando situado cada dispositivo semiconductor entre un par de disipadores de calor.

- 25 El conjunto de elementos apilados se pueden formar usando una amplia variedad de diferentes dispositivos semiconductores, aunque los dispositivos de obleas integrales (por ejemplo, tiristores, tiristores desactivables por puerta (GTO), tiristores conmutados por puerta o tiristores controlados por puerta (TCG) y diodos) son los preferidos. Un único conjunto de elementos apilados puede contener cualquier combinación deseada de dispositivos semiconductores, dependiendo de que todos ellos sean adecuados para la misma fuerza de compresión por contacto que se utiliza para mantener los dispositivos semiconductores y disipadores de calor en compresión y se describe con más detalle a continuación.

- 30 Un dispositivo semiconductor típico incluirá una oblea o cuerpo semiconductor, metalización para contacto óhmico, un sistema de contacto por presión, capas de pasivación (por ejemplo, vítreo, poliamida, poliimida, caucho de silicona u otro material adecuado en configuraciones simples o de capas múltiples) y placas de contacto mecánico compresadas térmicamente.

- 35 En una construcción de paquete prensado convencional, el cuerpo semiconductor y las placas de contacto son presionados entre un par de piezas polares de cobre. Un ejemplo de una construcción de paquete prensado convencional se muestra en la Patente norteamericana 6441407. Más en particular, las figuras 2c y 3a de la Patente norteamericana 6441407 muestran una vista en perspectiva de un GTO 33 en el cual se encuentra dispuesto un cuerpo semiconductor 31 entre las placas de contacto 32 y está sellado herméticamente en una carcasa aislante 30. El cuerpo semiconductor 31 y las placas de contacto 32 son presionados entre las piezas polares de cobre 33 y 34.

- 40 El dispositivo semiconductor o cada uno de ellos tiene una construcción "abierta". Un conjunto de elementos apilados incluye al menos un dispositivo semiconductor que tiene una construcción "abierta" y puede incluir un dispositivo semiconductor que tiene una construcción de paquete prensado. Por lo tanto, una combinación de diferentes construcciones de dispositivos semiconductores es posible dentro del mismo conjunto de elementos apilados.

- 45 Se cree que los dispositivos semiconductores que tienen una construcción "abierta" se beneficiarán más de estar sumergidos en el dieléctrico líquido. Esto se debe a que cualesquiera espacios o huecos entre las diversas partes componentes del dispositivo semiconductor serán inundados con el dieléctrico líquido para proporcionar un entorno dieléctrico adecuado. Los materiales utilizados en el dispositivo semiconductor deben ser químicamente, estructuralmente y dieléctricamente compatibles con el dieléctrico líquido, de manera que ni el dispositivo semiconductor ni el dieléctrico líquido se degraden como resultado de su contacto. Se apreciará fácilmente que un dispositivo semi-

conductor de este tipo se diferencia de un paquete prensado de construcción convencional debido a que no está sellado herméticamente en una carcasa lo cual permite que todas las regiones del cuerpo semiconductor se encuentren rodeadas y permeadas por un gas dieléctrico presurizado moderadamente adecuado, por ejemplo nitrógeno seco. El dispositivo semiconductor también carece de las piezas polares de cobre que están asociadas con los dispositivos convencionales de semiconductores de paquete prensado. Las piezas polares de cobre son sustituidas de manera efectiva por los disipadores de calor. Las partes de envoltura convencional normalmente representan aproximadamente la mitad del coste total del dispositivo semiconductor de paquete prensado convencional. La falta de partes convencionales de la envoltura en un dispositivo semiconductor que tiene una construcción "abierta" proporciona, por lo tanto, beneficios significativos en costos.

La periferia del dispositivo semiconductor que tiene una construcción "abierta" se puede encapsular o sellar de otra manera para limitar la entrada de contaminantes, mientras se encuentra almacenado o cuando está montado dentro del conjunto de elementos apilados. Además, la encapsulación (por ejemplo, usando un caucho u otro anillo exterior deformable) también puede ser usada para proteger el dispositivo semiconductor contra impactos o choques durante la manipulación mecánica. Es importante señalar que el uso de tal encapsulación alrededor de la periferia del dispositivo semiconductor no resta valor a las ventajas de la construcción "abierta" que se ha descrito más arriba.

Una fuerza de compresión por contacto (fuerza de apriete) se aplica preferiblemente sustancialmente a lo largo del eje del conjunto de elementos apilados para asegurar un contacto térmico y eléctrico adecuado entre el, o cada, dispositivo semiconductor y los disipadores de calor adyacentes. La fuerza de compresión por contacto también asegura el contacto térmico y eléctrico adecuado entre las placas eléctricas del dispositivo semiconductor y la oblea o cuerpo semiconductor. Las áreas de contacto de las dos caras del cuerpo semiconductor están metalizadas adecuadamente para facilitar contactos térmicos y eléctricos fiables, teniendo en consideración que las áreas de contacto respectivas son diferentes y por lo tanto experimentarán diferentes presiones por contacto. En el caso de los GTO que emplean una pluralidad de mesas emisoras elevadas individuales, es decir, agrupaciones de islas de contacto catódica elevadas cuyas áreas de contacto total es considerablemente menor que la del área de contacto del ánodo correspondiente, las presiones de contacto respectivas serán sustancialmente diferentes y la fuerza de compresión por contacto debe ser seleccionada en consecuencia.

El conjunto de elementos apilados se mantiene en compresión preferiblemente por medio de un sistema común de contacto por presión (sistema de apriete). La fuerza de compresión por contacto será determinada con precisión y será aplicada sustancialmente constantemente por el sistema de presión por contacto sustancialmente a lo largo del eje del conjunto de elementos apilados. El sistema de contacto por presión es tal que las rugosidades o pequeños de salida sobre las superficies metálicas contiguas experimentan una deformación plástica, lo que incrementa el área de contacto intermetálico como se requiera para reducir la resistencia de contacto térmico y la resistencia de contacto eléctrico. En la práctica, la fuerza de compresión por contacto aplicada por el sistema de contacto por presión será de aproximadamente el 50% de la que haría que la oblea o cuerpo semiconductor se fracturase. Incrementos adicionales en la fuerza de compresión por contacto son normalmente improductivos en lo que se refiere a la reducción de resistencias de contacto. Después de la primera compresión y el flujo de plástico asociado, la fuerza de compresión por contacto se puede reducir en un grado limitado sin degradación excesiva de la resistencia de contacto, es decir, el proceso está sujeto a histéresis. Por lo tanto, el sistema de contacto por presión debe ser realizado con tolerancias precisas.

Cualquier sistema de contacto por presión común conveniente puede ser utilizado.

El conjunto de elementos apilados puede incluir una estructura rígida que puede ser montada elásticamente en un soporte adecuado para colocar el conjunto de elementos apilados en uso aislando al mismo tiempo sustancialmente el o cada dispositivo semiconductor contra los choques. Los disipadores de calor se pueden adaptar como sea necesario para permitir las fuerzas externas que se deben aplicar al conjunto de elementos apilados para situarlo y alinearlo. La alineación radial puede ser proporcionada por la estructura rígida por medio de interfaces deslizantes. Por ejemplo, la estructura rígida puede incluir uno o más miembros rígidos longitudinales que están en contacto deslizante con una superficie de contacto de los disipadores de calor.

Unas varillas de soporte para soportar las cargas predominantemente de tracción se pueden pasar a través de aberturas espaciadas angularmente en los disipadores de calor. Los extremos de las varillas de soporte se aseguran preferiblemente a la estructura rígida del conjunto de elementos apilados.

Los dispositivos semiconductores se pueden configurar con cualquier topología de circuito de potencia conveniente por ejemplo, inversor de fuente de corriente, inversor de fuente de voltaje, convertidor de matriz y rectificador. Las topologías de circuito de potencia pueden ser integradas con los correspondientes componentes pasivos. Una topología de circuito de potencia completo puede ser configurada dentro de un único conjunto de elementos apilados o puede ser distribuida dentro de cualquier número conveniente de conjuntos de elementos apilados. Los dispositivos semiconductores en el mismo conjunto de elementos apilados o conjuntos diferentes de elementos apilados se pueden conectar en serie o en paralelo. Las topologías de circuito de potencia pueden ser configuradas utilizando cualquier número conveniente de conjuntos de elementos apilados y cada conjunto de elementos apilados puede conte-

ner un número conveniente de dispositivos semiconductores o puede ser de cualquier tamaño físico conveniente. Se puede utilizar una combinación de semiconductores que tienen construcciones "abiertas" de paquete prensado y que están totalmente alojadas.

Cables o barras colectoras pueden ser utilizados para conectar dispositivos semiconductores dentro de un conjunto de elementos apilados particular con el fin de lograr una topología de circuito de potencia deseada. Por ejemplo, un rectificador de diodos de puente Greatz de seis impulsos utilizaría una primera barra colectora para enlazar los ánodos de los tres dispositivos de diodo juntos para proporcionar un terminal negativo de CC y una segunda barra colectora para enlazar los cátodos de los otros tres dispositivos de diodo juntos para proporcionar un terminal positivo de CC. También se puede utilizar cables o barras colectoras para conectar un dispositivo semiconductor en un conjunto de elementos apilados a un dispositivo semiconductor en un conjunto de elementos apilados diferente.

Un único conjunto de elementos apilados o una pluralidad de conjuntos de elementos apilados pueden formar los componentes básicos de un convertidor de potencia independiente o de un convertidor de potencia que está integrado físicamente con otro equipo (por ejemplo, una máquina eléctrica con electrónica de potencia integrada).

La inmersión del conjunto de elementos apilados en el dieléctrico líquido permite que se utilicen interfaces térmicas altamente eficaces y compactas sin el riesgo de la rotura del aislamiento que está normalmente asociado con los dispositivos semiconductores convencionales aislados por aire. Por lo tanto, la construcción del conjunto de elementos apilados permite que las clasificaciones de corriente, tensión y potencia que se pueden alcanzar dentro de un espacio dado puedan ser maximizadas. La construcción del conjunto de elementos apilados también permite que un aparato de conversión de potencia tenga una densidad de potencia extremadamente alta y bajo costo, en particular cuando los componentes y sistemas están integrados extensivamente. El dieléctrico líquido proporciona refrigeración y un entorno dieléctrico en el que el conjunto de elementos apilados puede funcionar de manera segura.

El uso del dieléctrico líquido es beneficioso para el aislamiento eléctrico y la refrigeración de los componentes de red de ayuda a la conmutación, componentes de accionamiento de puerta y otros componentes pasivos asociados que también se pueden sumergir en estrecha proximidad al conjunto de elementos apilados y estar conectados al mismo.

Cualquier dieléctrico líquido adecuado puede ser empleado. Se apreciará fácilmente que el término "dieléctrico líquido" no sólo pretende cubrir los líquidos de propietario que se comercializan específicamente como tales, sino también cualquier líquido que tenga una constante dieléctrica suficiente. Esto incluiría agua desionizada, FLUORINERT y otros fluidos de perfluorocarbono equivalentes, aceites minerales para transformadores, aceites de silicona para transformadores, aceites sintéticos y ésteres, cloruro de metileno etc. Un fluido de refrigeración en particular preferido es un fluido de propietario de aislamiento para transformadores, tal como MDEL y sus equivalentes. Cualquier fluido de refrigeración estará sujeto a diversas consideraciones ambientales y de compatibilidad química.

Los disipadores de calor pueden tener una pluralidad de aletas radiales de refrigeración para disipar el calor producido durante la operación del conjunto de elementos apilados en el dieléctrico líquido circundante. Los disipadores de calor se pueden fabricar de cualquier material adecuado tal como aluminio, cobre y sus aleaciones, y por cualquier proceso adecuado, tal como extrusión, sinterización, sinterización - forja, fundición, mecanizado, etc. Además, las superficies de los disipadores de calor pueden ser texturadas mediante cualquier procedimiento conveniente con el fin de aumentar su área superficial o de influir beneficiosamente en el flujo de la capa límite con el dieléctrico líquido y el comportamiento de intercambio de calor. Los disipadores de calor proporcionan el cumplimiento de las conexiones por compresión, térmicas y eléctricas de las piezas de cobre polares que se encuentran en un dispositivo semiconductor de paquete prensado convencional pero, además, proporcionan un trayecto de conducción térmica corto entre el o cada uno de los dispositivos semiconductores y una gran área de intercambio de calor metálica mojada. Por lo tanto, el calor generado durante la operación de los dispositivos semiconductores puede ser transferido eficientemente al dieléctrico líquido que rodea el conjunto de elementos apilados.

Aunque el dieléctrico líquido que rodea el conjunto de elementos apilados puede ser estacionario, se prefiere generalmente que el dieléctrico líquido circule más allá del conjunto de elementos apilados para proporcionar una refrigeración mejorada. Si los disipadores de calor incluyen aletas radiales entonces el dieléctrico líquido preferiblemente fluirá en una dirección que sea sustancialmente paralela al eje del conjunto de elementos apilados de manera que el dieléctrico líquido fluya alrededor de y entre las aletas radiales. Sin embargo, en la práctica, el dieléctrico líquido puede fluir en cualquier dirección con respecto al eje del conjunto de elementos apilados.

El flujo de dieléctrico líquido más allá del conjunto de elementos apilados puede ser proporcionado por un sistema de bombeo adecuado o por convección natural (termosifón), por ejemplo. Se pueden proporcionar deflectores o conductos para dirigir el flujo del dieléctrico líquido para conseguir una refrigeración óptima del conjunto de elementos apilados.

El dieléctrico líquido debe ser sustancialmente desaireado y desgasificado. Se puede emplear un circuito de fluido autopurgado con un separador de burbujas de aire y gas.

En una realización preferida, el conjunto de elementos apilados como se ha descrito más arriba se encuentra en una cámara o depósito que contiene un dieléctrico líquido de manera que el conjunto de elementos apilados se encuentre al menos parcialmente (y preferiblemente completamente) sumergido en el dieléctrico líquido. El conjunto de elementos apilados puede ser sumergido en una cámara o depósito adecuado preexistente o realizado a propósito dentro del circuito de fluido de refrigeración de una máquina eléctrica, por ejemplo.

Alternativamente, el conjunto de elementos apilados puede estar situado en una carcasa estanca a los fluidos en la que el dieléctrico líquido es suministrado y retirado a través de tuberías o colectores. Una pluralidad de tales carcasas que contienen uno o más conjuntos de elementos apilados puede ser proporcionada en localizaciones espaciales angularmente alrededor del conjunto de estator de una máquina eléctrica refrigerada por aire. La o cada una de las carcasas puede ser alimentada con energía de CA o de CC por medio de cables o de barras colectoras para la operación del o de cada uno de los dispositivos semiconductores. La o cada una de las carcasas estancas a los fluidos puede estar hecha de cualquier material conveniente. Si la carcasa está hecha de un material metálico, entonces preferiblemente está conectada a tierra mediante casquillos aislantes adecuados o similares. Una tapa retirable puede proporcionar acceso al interior de la carcasa para el mantenimiento y la reparación de los conjuntos de elementos apilados.

Una o más de las aletas radiales puede ser adaptada para permitir que los componentes eléctricos auxiliares (por ejemplo, la electrónica de accionamiento de puerta y las redes de ayuda de conmutación) sean montados en los disipadores de calor y permitir que se realicen las conexiones eléctricas entre los disipadores de calor o a los componentes exteriores por medio de cables adecuados o barras colectoras, por ejemplo.

Dibujos

La figura 1 es una vista en perspectiva en despiece ordenado de un conjunto básico de elementos apilados de la presente invención, con cuatro dispositivos semiconductores de construcción "abierta" intercalados entre cinco disipadores de calor;

La figura 2 es una vista en sección transversal del conjunto de elementos apilados montados de la figura 2;

La figura 3 es una vista en perspectiva que muestra un conjunto de elementos apilados detallado de la presente invención, completo con un sistema común de contacto de presión, varillas de soporte, barras colectoras y componentes eléctricos auxiliares etc.;

La figura 4 es una vista en perspectiva del conjunto de elementos apilados detallado de la figura 3, que muestra la estructura de soporte rígida;

La figura 5 es una vista lateral del conjunto de elementos apilados detallado de la figura 3, que muestra la estructura de soporte rígida;

La figura 6A es una representación esquemática de un puente de cuatro fases;

La figura 6B es una representación esquemática de un tiristor rectificador en serie de doce de impulsos; y

Las figuras 7 a 9 son vistas de detalle de un sistema de contacto de presión común que puede ser utilizado para aplicar una fuerza de compresión por contacto al conjunto de elementos apilados.

Un conjunto básico de elementos apilados de acuerdo con la presente invención se describirá a continuación con referencia a las figuras 1 y 2.

El conjunto de elementos apilados incluye cuatro dispositivos semiconductores 2a - 2d que tienen cualquier topología adecuada. Por ejemplo, en el caso en que el dispositivo semiconductor 2d sea un tiristor desactivable por puerta (GTO), entonces puede incluir un cuerpo u oblea semiconductor 4 en el que una capa catódica está definida por una pluralidad de mesa individuales elevadas. Las superficies exteriores de las mesas elevadas están cubiertas con una capa de metal para formar una pluralidad de electrodos catódicos individuales. La superficie exterior de una capa de base está cubierta con una capa continua de metal para formar un electrodo de puerta que rodea efectivamente las mesas elevadas de la capa catódica.

Una placa catódica 6 en forma de un disco de molibdeno entra en contacto con los electrodos catódicos individuales del cuerpo semiconductor 4. Una placa anódica 8 que también es en forma de un disco de molibdeno entra en contacto con la superficie exterior de una capa anódica del cuerpo semiconductor 4.

El cuerpo semiconductor 4 está encapsulado dentro de un anillo exterior deformable 10 y de las placas catódica y anódica 6, 8. El anillo exterior 10 limita la entrada de contaminantes en el dispositivo semiconductor, mientras se encuentra almacenado o cuando se monta dentro del conjunto de elementos apilados y protege el cuerpo semiconductor 4 contra impactos o choques durante la manipulación mecánica.

Se proporciona una conexión de accionamiento de puerta 12 a lo largo de la cual una corriente de puerta y una corriente catódica auxiliar pueden circular entre el dispositivo semiconductor y un circuito de accionamiento de puerta externo 14.

Los dispositivos semiconductores 2a - 2d están intercalados entre cinco disipadores de calor 20a - 20e de construcción idéntica. Cada disipador de calor es equivalente a la pieza de cobre polar en una construcción de paquete prensado convencional. Las conexiones de accionamiento de puerta 12 se encuentran dentro de una abertura 22 proporcionada en un disipador de calor adyacente. Más en particular, la conexión de accionamiento de puerta para el primer dispositivo semiconductor 2a está recibida en la abertura provista en el primer disipador de calor 20a; la conexión de accionamiento de puerta para el segundo dispositivo semiconductor 2b está recibida en la abertura provista en el segundo disipador de calor 20b; la conexión de accionamiento de puerta para el tercer dispositivo semiconductor 2c está recibida en la abertura provista en el cuarto disipador de calor 20d, y la conexión de puerta para el cuarto dispositivo semiconductor 2d está recibida en la abertura provista en el quinto disipador de calor 20e. Por lo tanto, se apreciará fácilmente que el conjunto de elementos apilados está dispuesto simétricamente sobre el tercer disipador de calor 20c. No existe ninguna conexión de puerta recibida en la abertura provista en el tercer disipador de calor 20c y, en la práctica, la abertura puede ser omitida completamente.

El primer disipador de calor 20a actúa como pieza polar lateral catódica para el primer dispositivo semiconductor 2a. El segundo disipador de calor 20b actúa como pieza polar lateral anódica para el primer dispositivo semiconductor 2a y como pieza polar lateral catódica para el segundo dispositivo semiconductor 2b. El tercer disipador de calor 20c actúa como pieza polar lateral del ánodo para los segundo y tercer dispositivos semiconductores 2b y 2c. El cuarto disipador de calor 20d actúa como pieza polar lateral catódica para el tercer dispositivo semiconductor 2c y como pieza polar lateral anódica para el cuarto dispositivo semiconductor 2d. El quinto disipador de calor 20e actúa como pieza polar lateral catódica para el cuarto dispositivo semiconductor 2d.

Unas ranuras estrechas 24 se pueden extender radialmente hacia fuera desde la abertura 22 de cada disipador de calor 20a - 20e a una superficie exterior. Elementos conductores que se extienden radialmente de las conexiones de accionamiento de puerta 12 se encuentran dentro de las ranuras 24 y se proyectan más allá de la superficie exterior del disipador de calor, de manera que pueden ser conectados al circuito de accionamiento de puerta 14, de los cuales sólo se muestra uno en las figuras 1 y 2.

Las aberturas 22 y las ranuras 24 en los disipadores de calor 20a - 20q están dimensionados de manera que las conexiones de accionamiento de puerta 12 están separadas de los disipadores de calor para evitar cualquier contacto eléctrico entre ellos. Aunque no se muestran, los huecos entre las conexiones de accionamiento de puerta 12 y los disipadores de calor pueden estar llenos de un material dieléctrico.

Un disco aislante compresible 16 está situado en la abertura 22 provista en los disipadores de calor primero, segundo, cuarto y quinto. Un lado de cada disco de aislamiento está en contacto directo con la conexión de accionamiento de puerta asociada 12, mientras que el lado opuesto está en contacto directo con la placa anódica del dispositivo semiconductor adyacente o con una almohadilla de aislamiento (no mostrada). El grosor del disco aislante puede ser seleccionado para proporcionar una presión por contacto axial deseada para las conexiones de accionamiento de puerta 12. En otras palabras, un disco aislante más grueso 16 hará que se aplique una mayor presión por contacto axial entre la conexión de accionamiento de puerta 12 y el cuerpo semiconductor 4 o viceversa.

Los disipadores de calor 20a - 20e están provistos de una pluralidad de aletas de refrigeración radiales separadas circunferencialmente 26 para disipar el calor que se produce durante la operación normal de los dispositivos semiconductores 2a - 2d en un refrigerante dieléctrico líquido que los rodea. Los disipadores de calor 20a - 20q incluyen cuatro aletas igualmente separadas 28 de grosor aumentado. Cada una de las aletas 28 incluye una abertura 30 para recibir una varilla de soporte que se describirá en más detalle más adelante, y un par de brazos de montaje 32a, 32b.

Un sistema común de presión por contacto (no mostrado) aplica una fuerza de compresión por contacto a lo largo del eje del conjunto de elementos apilados para mantener el contacto eléctrico y térmico adecuado que se mantiene entre las placas catódica y anódica 6, 8 de cada dispositivo semiconductor 2a - 2e y las superficies de contacto de los disipadores de calor adyacentes 20a - 20e. La fuerza de compresión por contacto también mantiene el contacto eléctrico y térmico adecuado entre las placas catódica y anódica 6, 8 y el cuerpo semiconductor 4 de cada dispositivo semiconductor 2a - 2e.

Un conjunto completo de elementos apilados se describirá a continuación con referencia a las figuras 3 a 6. Este conjunto de elementos apilados consta de dieciséis dispositivos semiconductores intercalados entre diecisiete disipadores de calor de aluminio 20a - 20q. Sin embargo, se apreciará fácilmente que el disipador de calor 20i sobre el cual el conjunto de elementos apilados está simétricamente dispuesto, consta de tres disipadores de calor individuales en contacto directo unos con los otros (es decir, no separados por un dispositivo semiconductor). Por lo tanto, se deberá entender que la expresión "disipador de calor" de la manera que se utiliza en la presente memoria descriptiva se debe considerar que incluye dos o más de disipadores de calor individuales que no están separados unos de los

otros por un dispositivo semiconductor. En términos generales, un conjunto de elementos apilados puede constar de n dispositivos semiconductores intercalados entre $n + 1$ disipadores de calor. Los dispositivos semiconductores que forman el conjunto de elementos apilados pueden tener la misma topología o topologías diferentes. Por ejemplo, los dieciséis dispositivos semiconductores puede ser GTO. Alternativamente, el conjunto de elementos apilados puede incluir diferentes dispositivos semiconductores configurados en una topología de circuito de potencia conveniente.

La disposición particular de los dispositivos semiconductores que se muestran en las figuras 3 a 5 es un puente de cuatro fases que emplea dos GTO conectados en serie de 4,5 kV en cada brazo. Esto se muestra esquemáticamente en la figura 6A. El puente tiene dos terminales de CC etiquetados DC1 y DC2 y cuatro terminales de CA etiquetados ~1, ~2, ~3 y ~4. Los brazos se disponen entre los terminales de CC y los terminales de CA respectivos. Por ejemplo, un primer brazo está dispuesto entre el primer terminal de CC DC1 y el primer terminal de CA ~1, y un segundo brazo está dispuesto entre el primer terminal de CA ~1 y el segundo terminal de CC DC2. Juntos, los brazos primero y segundo constituyen una primera fase del puente con cuatro dispositivos semiconductores. Las fases segunda, tercera y cuarta están formadas de una manera correspondiente.

Un rectificador tiristor en serie de doce impulsos clásico se muestra esquemáticamente en la figura 6B. Aunque no se muestra, un conjunto de elementos apilados emplearía doce dispositivos semiconductores tiristores intercalados entre los disipadores de calor. Los primeros terminales de tres fases de CA etiquetados ~1a, ~2a y ~3a suministran energía a un primer puente rectificador de CC cuyos primeros terminales están etiquetados DC1 y DC2. Los segundos terminales trifásicos de CA etiquetados ~1b, ~2b y ~3b están desplazados en fase 30 grados con respecto a los primeros terminales de CA y suministran energía a un segundo puente rectificador cuyos segundos terminales de CC están etiquetados DC2 y DC3. Por lo tanto, el terminal de CC DC2, es común a los dos puentes rectificadores y por lo tanto las salidas de CC respectivas de los puentes rectificadores primero y segundo están conectadas en serie, siendo su salida combinada entre los terminales de CC DC3 (positivo) y DC1 (negativo). El terminal de punto medio de CC DC2 también se puede utilizar en algunas aplicaciones.

Las aletas radiales 26, 28 de cada disipador de calor 20a - 20q están alineadas para definir filas axiales. Los pasajes axiales están formados, por lo tanto, entre las aletas radiales 26, 28 a lo largo de los cuales un refrigerante dieléctrico líquido puede fluir cuando el conjunto de elementos apilados se encuentra posicionado para el uso. La forma en que la alineación radial de los disipadores de calor 20a - 20q se mantiene durante la vida útil del conjunto de elementos apilados se describe con más detalle a continuación.

La figura 3 muestra cómo una variedad de diferentes barras colectoras, soportes mecánicos y componentes eléctricos auxiliares (por ejemplo, circuitos amortiguadores) se puede conectar a los brazos 32a, 32b de las aletas radiales 28. Por ejemplo, una serie de condensadores amortiguadores 34 están conectados a un brazo de una de las aletas radiales 28 de los disipadores de calor 20a - 20h y 20j - 20q por barras colectoras 36 en forma de U que proporcionan la conexión eléctrica así como el soporte mecánico.

Cuatro barras colectoras 38 proporcionan conexión eléctrica a, y soporte mecánico para, los terminales de CA de salida del conjunto de elementos apilados (no se muestran pero están representados esquemáticamente en la figura 6A por los terminales de CA etiquetados ~1, ~2, ~3 y ~4). Otras barras colectoras 40 proporcionan conexión eléctrica a, y soporte mecánico para, un par de barras colectoras de CC 42 que se desplazan a lo largo del lateral del conjunto de elementos apilados y se conectan a barras colectoras de CC de salida (no mostradas pero representadas esquemáticamente en la figura 6A por los terminales de CC etiquetados DC1 y DC2). Las interconexiones entre los disipadores de calor que se muestran esquemáticamente en la figura 6A pueden ser implementadas por barras colectoras que opcionalmente pueden incorporar características para proporcionar una flexibilidad suficiente para evitar la generación de fuerzas significativas como resultado de la expansión térmica diferencial. Tales características pueden incluir barras colectoras de secciones formadas adecuadamente, pero se pueden usar en ciertos casos trenzados flexibles o enlaces de hojas laminadas.

Elementos de fijación roscados se utilizan para asegurar las diversas barras colectoras 36, 38 y 40 a los disipadores de calor y los brazos 32a, 32b de las aletas radiales 28 están provistos de las aberturas roscadas adecuadas para recibir los elementos de fijación roscados.

Las conexiones entre los circuitos exteriores y las barras colectoras de CC 42 y los terminales de CA de salida (no mostrado) del conjunto de elementos apilados pueden emplear conectores de liberación rápida (no mostrados).

Los circuitos de accionamiento de puerta 14 para las conexiones de accionamiento de puerta 12 se mantienen en su lugar entre los pares de aletas radiales 26 por medio de grapas pequeñas 44.

Con referencia a las figuras 4 y 5, el conjunto de elementos apilados está rodeado por un bastidor de soporte exterior rígido 46. El bastidor incluye un par de placas extremas 48a y 48b con cuatro miembros longitudinales 50 conectados entre ellos. Los miembros longitudinales 50 son sólidos y están conectados rígidamente a una primera placa extrema 48a. Los miembros longitudinales 50 tienen una interfaz deslizante con una segunda placa extrema 48b.

Los miembros longitudinales 50 pasan a través de los pasajes axiales entre los brazos 30a, 30b de las aletas radiales 28 y a través de las aberturas axiales correspondientes en las segundas placas extremas 48b. Las interfaces deslizantes entre los miembros longitudinales 50 y los disipadores de calor 20a - 20q y las segundas placas extremas 48b posicionan el conjunto de elementos apilados en la dirección radial. Más en particular, las aletas radiales 28 incluyen superficies planas 28a entre los brazos 32a, 32b que están en contacto deslizante con los miembros longitudinales 50. La segunda placa extrema 48b tiene superficies planas correspondientes que están en contacto deslizante con los miembros longitudinales 50. Al tener una disposición que comprende cuatro miembros longitudinales 50 con sucesivos desplazamientos angulares de 90 grados unos en relación con los otros, las fuerzas radiales en cualquier dirección pueden ser transmitidas desde cualquier disipador de calor 20a - 20q y la segunda placa extrema 48b como un par de vectores de fuerzas en pares correspondientes de los miembros longitudinales adyacentes 50. En algunos casos, las interfaces deslizantes pueden ser continuadas a lo largo de las superficies de las aletas radiales en ambos lados de las superficies planas 28a con el fin de proporcionar un área de superficie de soporte adicional.

Los elementos longitudinales 50 están aislados eléctricamente de los disipadores de calor 20a - 20q por cualquier medio conveniente. Entre los ejemplos adecuados se incluyen manguitos termocontraíbles u otros recubrimientos aplicados a los miembros longitudinales 50. Alternativamente, el aislamiento puede ser proporcionado por una sección de material de aislamiento que está formado para llenar con precisión la distancia entre los miembros longitudinales 50 y los disipadores de calor 20a - 20q. El material de aislamiento debe ser resistente a la abrasión y proporcionar un coeficiente de fricción suficientemente bajo para permitir que los disipadores de calor 20a - 20q se deslicen en relación con los elementos longitudinales 50 y el material de aislamiento en la dirección axial sin interferir significativamente con la fuerza de compresión por contacto pretendida a lo largo de la longitud del conjunto de elementos apilados. Las interfaces deslizantes entre los miembros longitudinales 50 y la segunda placa extrema 48b no necesita estar aisladas eléctricamente como los disipadores de calor 20a - 20q, pero pueden estar aisladas por razones de conveniencia o para mejorar el rendimiento de las interfaces deslizantes, por ejemplo, reduciendo la fricción.

Cuatro varillas de soporte 52 se extienden a través de las aberturas 30 previstas en cada una de las aletas radiales 28. Las varillas de soporte 52 soportan predominantemente cargas de tensión y solamente aportan una contribución menor a la alineación radial de los disipadores de calor 20a - 20q y al conjunto general de los elementos apilados. Las placas extremas 48a y 48b incluyen cuatro aberturas para recibir las varillas de soporte 52. Los extremos de las varillas de soporte 52 que pasan a través de las aberturas en las placas extremas 48a y 48b tienen una rosca exterior y las varillas de soporte están aseguradas al bastidor de soporte exterior rígido 46 por medio de tuercas u otras fijaciones mecánicas convenientes.

Las varillas de soporte 52 están aisladas eléctricamente de los disipadores de calor 20a - 20q por cualquier medio conveniente. Entre los ejemplos adecuados se incluyen manguitos termocontraíbles u otros recubrimientos aplicados a las barras colectoras de soporte 52. Alternativamente, el aislamiento puede ser proporcionada por una sección de material de aislamiento que está formado para llenar con precisión la distancia entre las varillas de soporte 52 y los disipadores de calor 20a - 20q. El material de aislamiento debe ser resistente a la abrasión y proporcionar un coeficiente de fricción suficientemente bajo para permitir que los disipadores de calor 20a - 20q se deslicen con respecto a las varillas de soporte 52 y el material de aislamiento en la dirección axial sin interferir significativamente con la fuerza de contacto de compresión destinado a lo largo de la longitud del conjunto de elementos apilados.

Un sistema común de presión por contacto (sistema de apriete) 100 aplica una fuerza de compresión por contacto a lo largo del eje del conjunto de elementos apilados para asegurar que se mantienen el contacto eléctrico y térmico adecuado. El sistema de presión por contacto puede establecer y regular la fuerza de compresión por contacto a lo largo de la vida útil del conjunto de elementos apilados. Vistas detalladas del sistema de presión por contacto 100 se muestran en las figuras 7 a 9.

La figura 7 muestra el sistema de presión por contacto 100 durante el montaje en el que las herramientas exteriores han sido aseguradas para permitir que se establezca la fuerza de presión por contacto. El sistema de presión por contacto 100 incluye una almohadilla de carga 102 que tiene un rebaje para alojar un pasador de carga 104. El pasador de carga 104 incorpora una brida de carga 106 y una región roscada exteriormente 108. Un resorte de compresión 110 está representado por un sistema de resorte de discos en serie - paralelo (arandelas Belleville), pero se apreciará fácilmente que otros sistemas de resorte adecuado podrían ser utilizado.

Un collarín de bloqueo 112 está mecanizada internamente para ser un ajuste preciso en el pasador de carga 104 y la interfaz mecanizada 114 es resaltada. El collarín de bloqueo 112 incorpora cualquier característica de borde adecuada para permitir que sea girado alrededor de los pasadores de carga 104. En este caso, el collarín de bloqueo 112 incluye una serie de orificios o aberturas espaciados angularmente que están diseñados para acomodar una llave G u otra herramienta adecuada. El collarín de bloqueo 112 tiene una región de sección transversal circular que tiene un ajuste deslizante en el interior de la placa extrema 48a y una superficie de presión plana que se apoya contra una superficie correspondiente de la placa extrema.

Las herramientas exteriores incluyen un accesorio de ajuste de fuerza 116 que aplica una fuerza de compresión F_j al extremo del pasador de carga 104 y fuerzas de tracción - $F_j / 2$ a los extremos de la placa extrema 48a para preservar el equilibrio de fuerzas. Por razones de claridad, la placa extrema 48a en las figuras 7 a 9 se muestra teniendo sólo dos extremidades y dos fuerzas correspondientes. Sin embargo, se apreciará fácilmente que en la práctica la placa extrema 48a puede tener cualquier número conveniente de extremidades y en el conjunto de elementos apilados preferido que se muestra en las figuras 3 a 5 hay cuatro extremidades y cuatro fuerzas de compresión correspondiente - $F_j / 4$. Las fuerzas pueden ser proporcionadas por un gato hidráulico calibrado o cualquier otro dispositivo conveniente.

La almohadilla de carga 102 se apoya contra una almohadilla de aislamiento (no mostrada) que se apoya a su vez contra el disipador de calor 20q para transmitir la fuerza de compresión por contacto al conjunto de elementos apilados, mientras que aísla eléctricamente el conjunto de elementos apilados del sistema de presión por contacto 100 y las estructuras de soporte. Un almohadilla de aislamiento correspondiente 118 (figura 3) está provista en el otro extremo del conjunto de elementos apilados entre el disipador de calor 20a y la placas extrema 48b, de manera que el conjunto de elementos apilados está apretado efectivamente entre el sistema de presión por contacto 100 y las placas extremas 48b, mientras aísla eléctricamente el conjunto de elementos apilados del sistema de presión por contacto 100 y de las estructuras de soporte.

La figura 7 muestra un fuerza de compresión por contacto deseada F_c aplicada a la almohadilla de carga en la que $F_c = F_j$. Se puede observar que existe una separación axial u holgura entre las superficies correspondientes del collarín de bloqueo 112 y la placa extrema 48a. Las fuerzas de tracción correspondientes $F_t / 2$ son experimentadas en las varillas de soporte 52 con el fin de preservar el equilibrio de fuerzas. Una vez más, por razones de claridad, la placa extrema 48a en las figuras 7 a 9 se muestra teniendo sólo dos extremidades y las dos varillas de soporte. Sin embargo, se apreciará fácilmente que en la práctica la placa extrema 48a puede tener cualquier número conveniente de extremidades y en el conjunto de elementos apilados preferido que se muestra en las figuras 3 a 5 hay cuatro extremidades y cuatro varillas de soporte 52.

La figura 8 muestra el sistema de presión por contacto 100 después de que el collarín de bloqueo 112 haya sido rotado para cerrar la separación axial u holgura entre las superficies correspondientes del collarín de bloqueo y la placa extrema 48a. En esta etapa, la aplicación de rosca entre el collarín de bloqueo 112 y el pasador de carga 104, que es casi rígido, es tal que el dispositivo de ajuste de fuerza 116 se puede retirar (figura 9) con poco efecto sobre la fuerza de compresión por contacto F_c . Sin embargo, en la práctica, la aplicación de rosca es ligeramente elástica y la fuerza de fijación F_c se reduce ligeramente con respecto a la fuerza de compresión por contacto F_j cuando el dispositivo de ajuste la fuerza 116 se retira. La fuerza de compresión F_j se puede ajustar para tener en cuenta esta elasticidad.

Después de la retirada del dispositivo de ajuste de fuerza 116, como se muestra en la figura 9, las fuerzas de reacción $F_r / 2$ equivalentes a las fuerzas de tracción $F_t / 2$ son experimentadas por el collarín de bloqueo 112 y éstas son transferidas por la aplicación de rosca resaltada 114 en una fuerza de compresión - F_c dentro del pasador de carga 104.

Una fuerza de compresión por contacto típica puede ser de aproximadamente $32 \text{ kN} \pm 10\%$ a temperatura ambiente y bajo todas las condiciones de operación. La fuerza de compresión por contacto preferiblemente se distribuye uniformemente sobre toda la superficie de las placas catódica y anódica 6, 8 de cada dispositivo semiconductor.

Se apreciará fácilmente que un número de efectos se pueden combinar para influir sobre la fuerza de compresión por contacto que es experimentada por el conjunto de elementos apilados. Por ejemplo, lo siguiente puede hacer que la fuerza de compresión por contacto incremente: la expansión térmica en los disipadores de calor, las placas catódica y anódica de cada dispositivo semiconductor, los cuerpos semiconductores, y otras partes que se mantienen bajo compresión. Lo siguiente puede hacer que la fuerza de compresión por contacto disminuya: la expansión térmica o fluencia en las partes que se mantienen en tensión, la fluencia en las placas extremas, el flujo de plástico en los disipadores de calor, el flujo de plástico en cualquier elemento de sujeción localmente de carga elevada, tal como roscas de tornillo, asientos para las arandelas Belleville etc. El efecto de la fricción en las interfaces deslizantes descritas más arriba sobre la fuerza de compresión por contacto se debe reducir al mínimo y, en la práctica esta fricción sólo tendrá una influencia muy pequeña en la fuerza de compresión por contacto (una influencia que tiene histéresis que se rige por el comportamiento cíclico de la expansión térmica diferencial).

El conjunto de elementos apilados completo que se muestra en las figuras 3 a 5 puede estar situado dentro de una cámara o depósito (no mostrado) de una máquina eléctrica o que está asociado con una máquina eléctrica o independiente de la misma. La cámara se llena con un refrigerante dieléctrico líquido tal como MIDELE. El refrigerante dieléctrico líquido se hace que circule más allá del conjunto de elementos apilados en una dirección que es paralela al eje longitudinal del conjunto de elementos apilados. Por ejemplo, la cámara puede formar parte de un circuito de refrigeración a través del cual se bombea el refrigerante dieléctrico líquido. El calor generado por la operación de los dispositivos semiconductores se transfiere de esta manera al refrigerante dieléctrico líquido a medida que circula más allá y entre las aletas radiales 26, 28 de los disipadores de calor 20a - 20q.

El conjunto de elementos apilados completo también puede estar situado dentro de una carcasa estanca a los fluidos (no mostrada). Una pluralidad de carcasas puede ser asegurada alrededor del conjunto de estator de una máquina eléctrica. Los colectores de refrigerante suministran refrigerante dieléctrico líquido a las carcasas y retiran el refrigerante dieléctrico líquido de las carcasas. Las carcasas, por lo tanto, se llenan de refrigerante dieléctrico líquido que fluye y los conjuntos de elementos apilados están completamente sumergidos en el refrigerante dieléctrico líquido. El dieléctrico líquido proporciona refrigeración y un entorno dieléctrico en el cual los conjuntos de elementos apilados pueden operar de manera segura.

Los miembros longitudinales 50 de la estructura exterior rígida son los principales medios para soportar el conjunto de elementos apilados dentro de la cámara o carcasa estanca a los fluidos. Los miembros longitudinales 50 pueden ser soportados por cualquier estructura exterior adecuada (no mostrada) que puede incorporar superficies de chapa o construcción de caja para dirigir el flujo del refrigerante dieléctrico líquido. Los miembros longitudinales 50 pueden estar conectados a, y soportados por, una placa penetradora (no mostrada) a través de la cual los diferentes niveles de señal e interconexiones de suministro de energía eléctrica pasan con el fin de permitir que la electrónica de accionamiento de puerta se encuentre sumergida en el refrigerante dieléctrico líquido para ser conectada a los circuitos electrónicos refrigerados por aire. La electrónica de accionamiento de puerta que está sumergida en el refrigerante dieléctrico líquido puede estar soportada sobre cualquier estructura conveniente que puede estar asegurada, a su vez, a uno o más de los miembros longitudinales 50 y / o la placa penetradora (no mostrada). Debido a que todos los dispositivos semiconductores tienen una construcción "abierta", el refrigerante dieléctrico líquido puede penetrar en el conjunto de elementos apilados en la región de los dispositivos semiconductores de potencia. En particular, el refrigerante dieléctrico líquido fluirá entre los disipadores de calor, de tal manera que envuelva los dispositivos semiconductores y entre potencialmente en cualquier hueco o cavidad que pueda existir entre los cuerpos semiconductores 4 y sus respectivas placas de contacto 6, 8 y cualesquiera conexiones del circuito de accionamiento de puerta asociadas 12. La penetración de refrigerante dieléctrico líquido en el conjunto de elementos apilados no se ve afectada o impedida por el anillo deformable exterior 10 que rodea las placas catódica y anódica 6, 8 y el cuerpo semiconductor 4 de cada dispositivo semiconductor. Todas las regiones de los dispositivos semiconductores por lo tanto deben ser químicamente compatibles con el dieléctrico líquido. El dieléctrico líquido no debe ser aplicado al conjunto de elementos apilados hasta que la fuerza de apriete haya sido aplicada y la presión de apriete resultante resista la penetración de dieléctrico líquido entre las rugosidades de contacto que se han mencionado más arriba.

Puesto que el conjunto de elementos apilados completo está inundado con dieléctrico líquido, también sigue que los amortiguadores, puertas y elementos auxiliares de interconexión eléctrica asociados pueden ser diseñados para beneficiarse de su entorno dieléctrico y refrigerante.

Aunque las realizaciones preferidas de la presente invención emplean dispositivos semiconductores de potencia que tienen una construcción "abierta", en ejemplos que no forman parte de la presente invención también es posible emplear dispositivos semiconductores de paquete prensado convencionales totalmente alojados dentro de la misma disposición general.

REIVINDICACIONES

1. Un conjunto de elementos apilados que comprende:

5 al menos un dispositivo semiconductor (2a - 2d) intercalado entre disipadores de calor (20a - 20e) y adaptado para estar sumergido al menos parcialmente en un dieléctrico líquido; incluyendo el al menos un dispositivo semiconductor (2a - 2d) un cuerpo u oblea semiconductor (4) y las placas de contacto eléctrico (6, 8), y

10 un medio de contacto por presión (100) para aplicar una fuerza de compresión por contacto sustancialmente a lo largo del eje del conjunto de elementos apilados para mantener el contacto térmico y eléctrico adecuado entre el al menos un dispositivo semiconductor (2a - 2d) y los disipadores de calor adyacentes (20a - 20e) y entre el cuerpo u oblea semiconductor (4) y las placas de contacto eléctrico;

15 **que se caracteriza porque** el al menos un dispositivo semiconductor (2a - 2d) tiene una construcción abierta y no está sellado herméticamente en una carcasa, de tal manera que cuando el al menos un dispositivo semiconductor está sumergido al menos parcialmente en el dieléctrico líquido, es inundado con el dieléctrico líquido para proporcionar un entorno dieléctrico.
2. Un conjunto de elementos apilados de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende, además, una pluralidad de dispositivos semiconductores (2a - 2d) estando situado cada dispositivo semiconductor entre un par de disipadores de calor (20a - 20e).
3. Un conjunto de elementos apilados de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 2, que comprende, además, un medio (28, 28a, 50) para aplicar una fuerza de alineación radial al conjunto de elementos apilados.
4. Un conjunto de elementos apilados de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, en el que los disipadores de calor (20a - 20d) tienen una pluralidad de aletas de refrigeración radiales (26, 28).
5. Un conjunto de elementos apilados de acuerdo con la reivindicación 4, en el que una o más las aletas de refrigeración radiales (28) están adaptadas para el montaje de componentes eléctricos auxiliares.
- 25 6. Una disposición en la que cual un conjunto de elementos apilados de acuerdo con cualquier reivindicación precedente está situado en una cámara que contiene un dieléctrico líquido, de manera que el conjunto de elementos apilados se encuentre sumergido al menos parcialmente en el dieléctrico líquido.
7. Una disposición de acuerdo con la reivindicación 6, en la que el dieléctrico líquido es estacionario.
8. Una disposición de acuerdo con la reivindicación 6, en la se hace circular al dieléctrico líquido más allá del conjunto de elementos apilados.
- 30 9. Una disposición de acuerdo con la reivindicación 8, en la que se hace circular al dieléctrico líquido más allá del conjunto de elementos apilados en una dirección que es sustancialmente paralela al eje del conjunto de elementos apilados.
10. Una disposición de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 6 a 9, en la que la cámara está definida por una carcasa estanca a los fluidos.
- 35 11. Una disposición de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 6 a 8, en la que una pluralidad de conjuntos de elementos apilados de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5 se encuentra situada en la cámara de tal manera que los conjuntos de elementos apilados se encuentran sumergidos al menos parcialmente en el dieléctrico líquido.
- 40 12. Una disposición de acuerdo con la reivindicación 11, en la que al menos un dispositivo semiconductor de un conjunto de elementos apilados está conectado eléctricamente al menos a un dispositivo semiconductor de al menos un conjunto de elementos apilados diferentes.

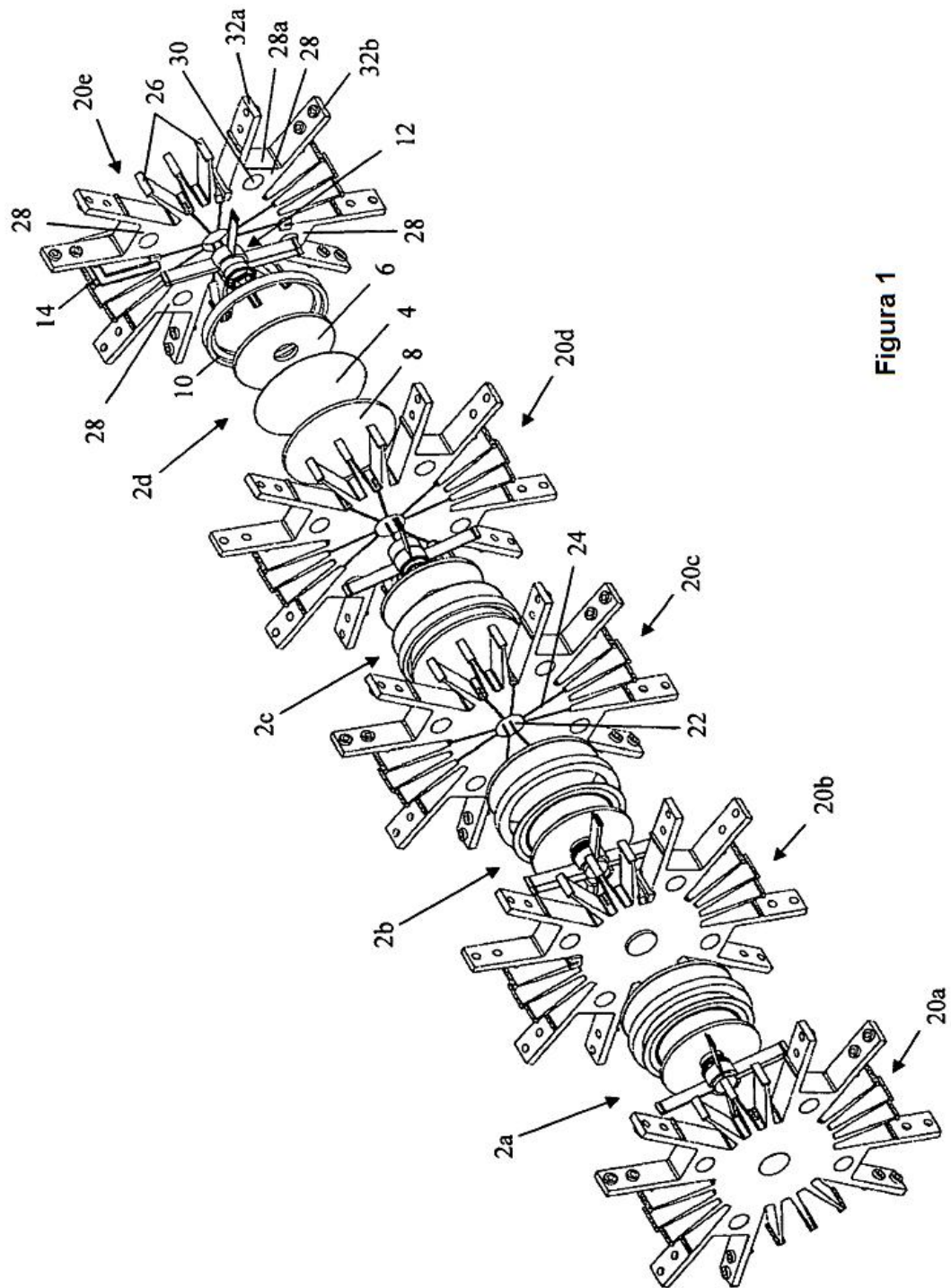


Figura 1

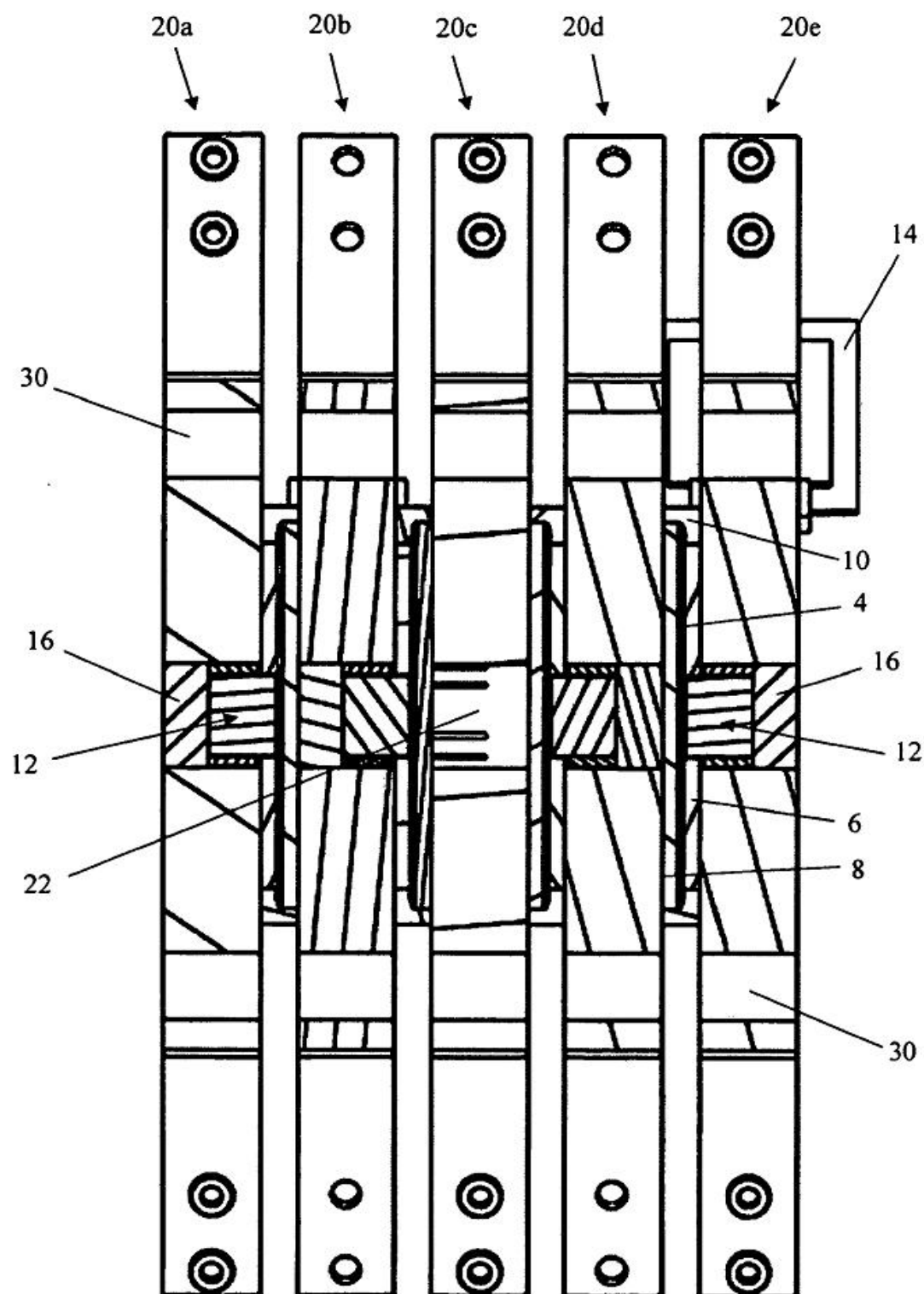


Figura 2

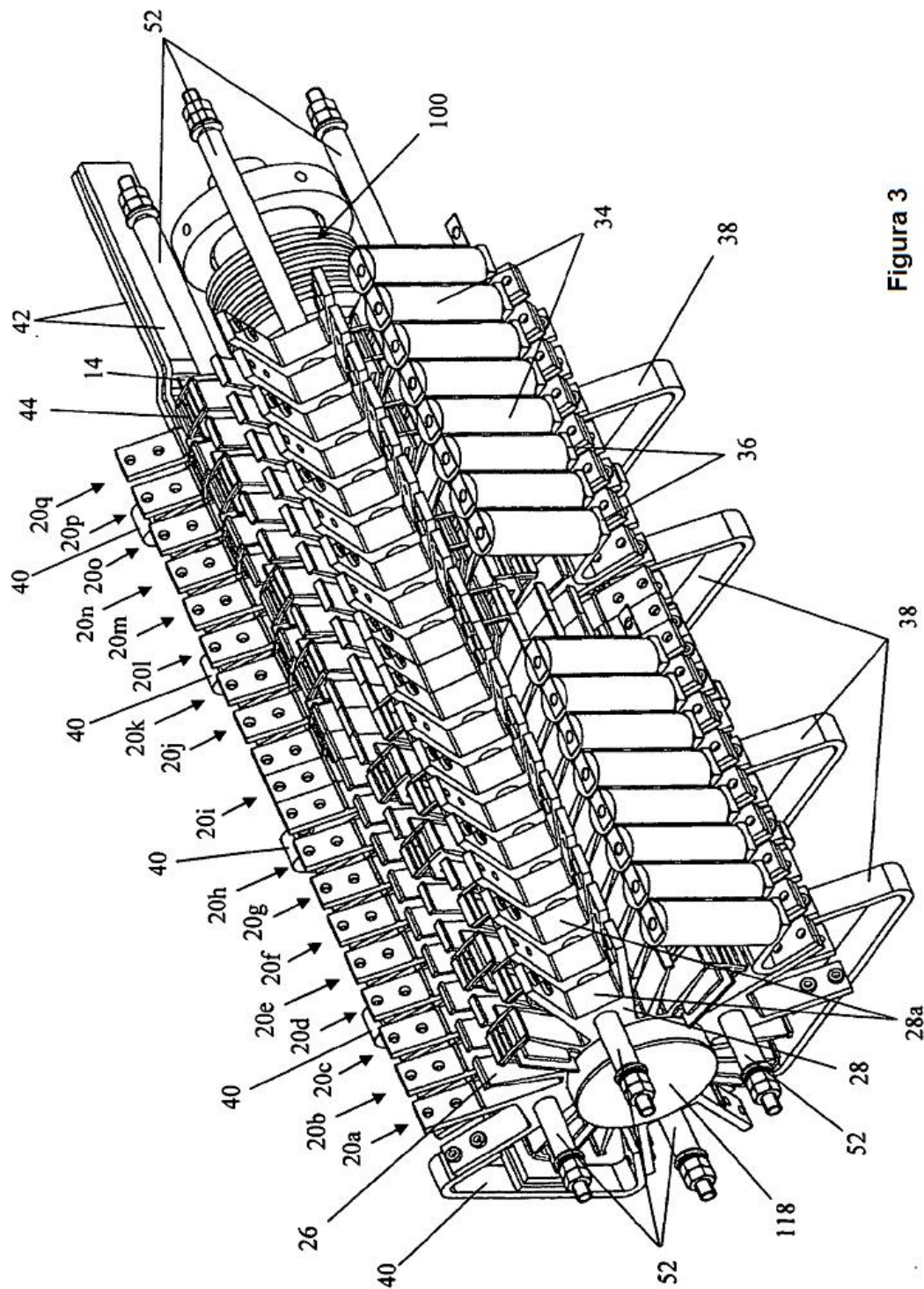


Figura 3

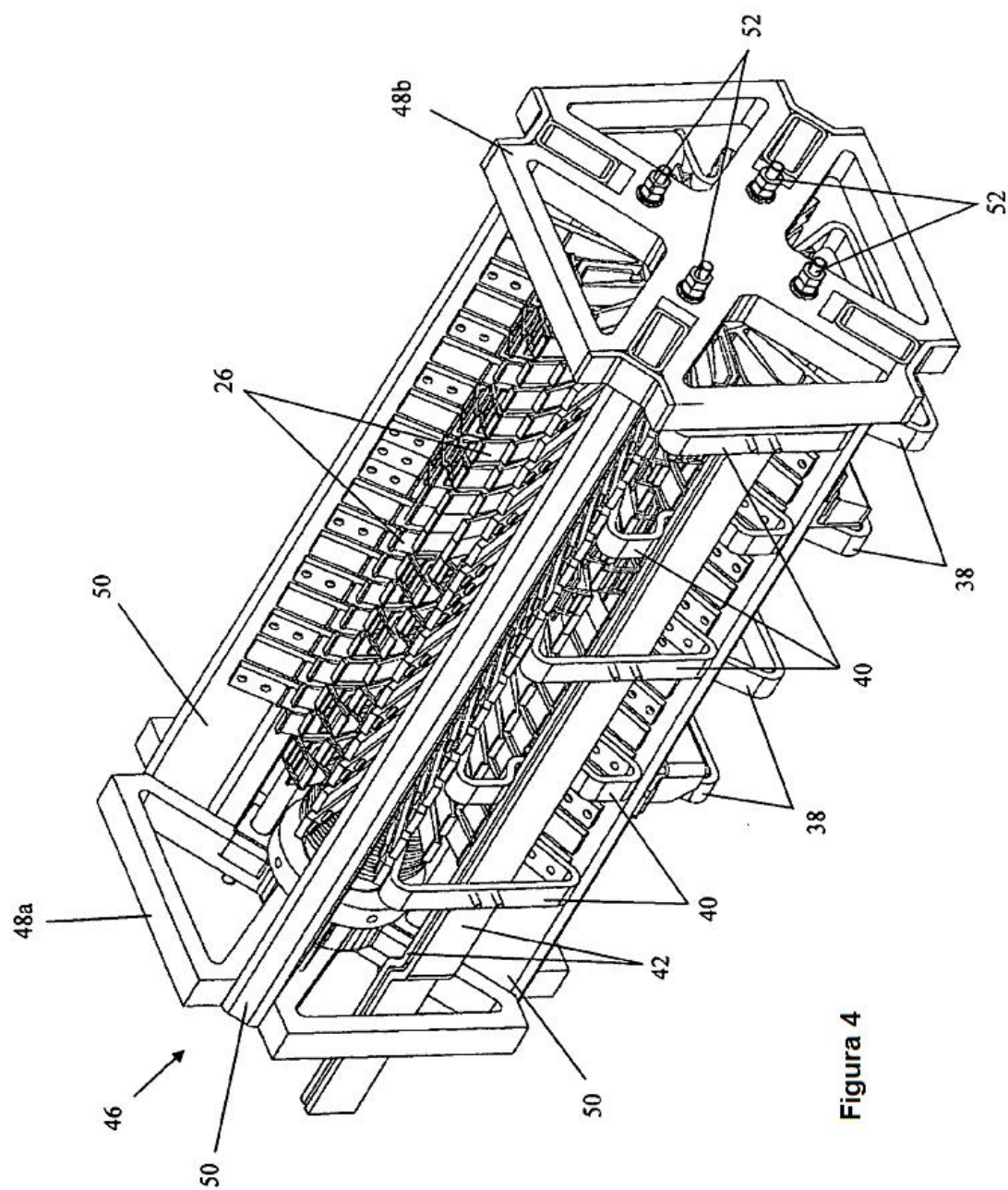


Figura 4

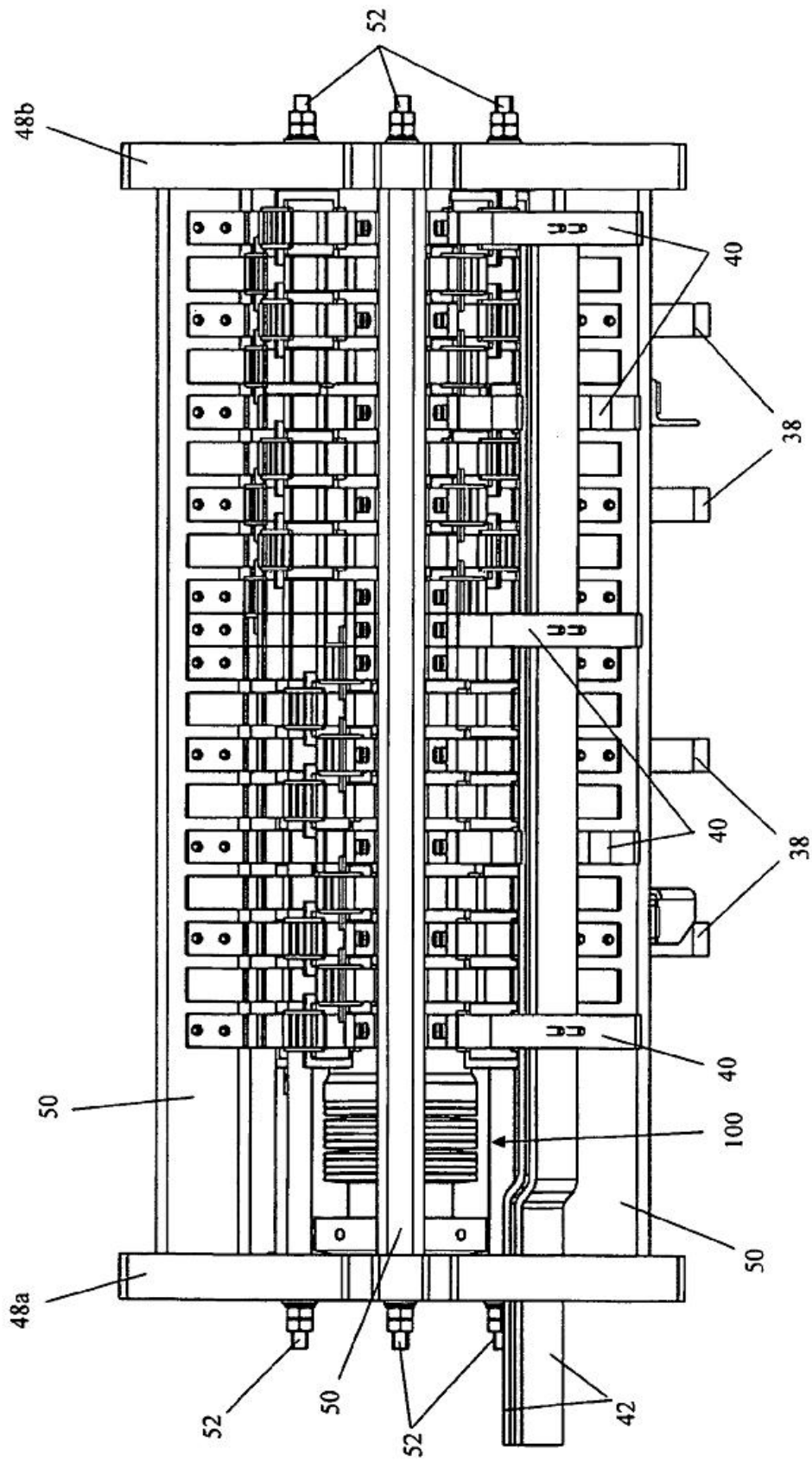


Figura 5

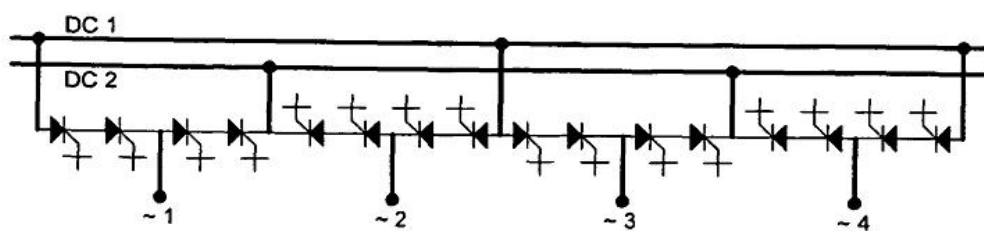


Figura 6A

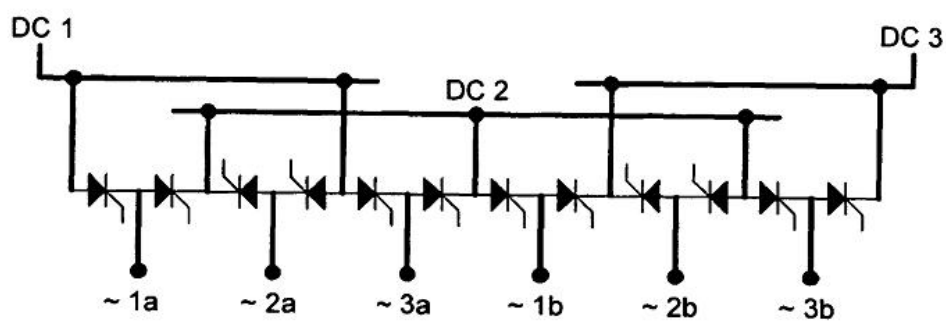


Figura 6B

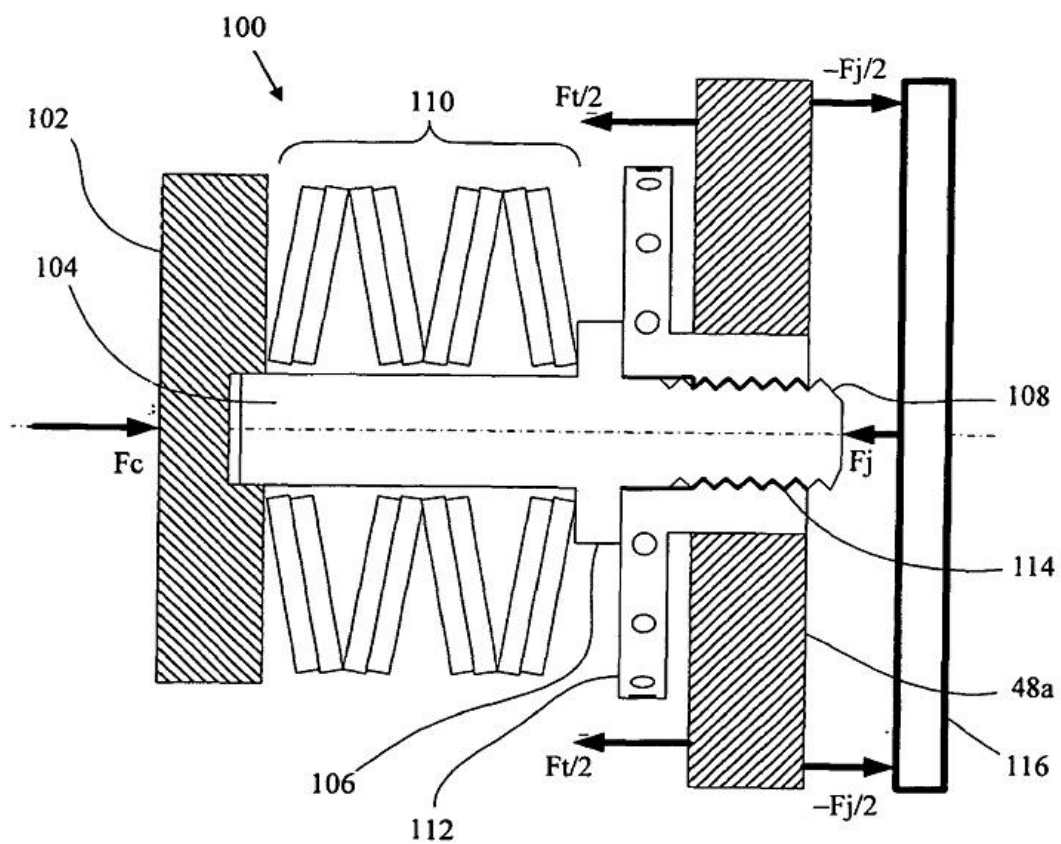


Figura 7

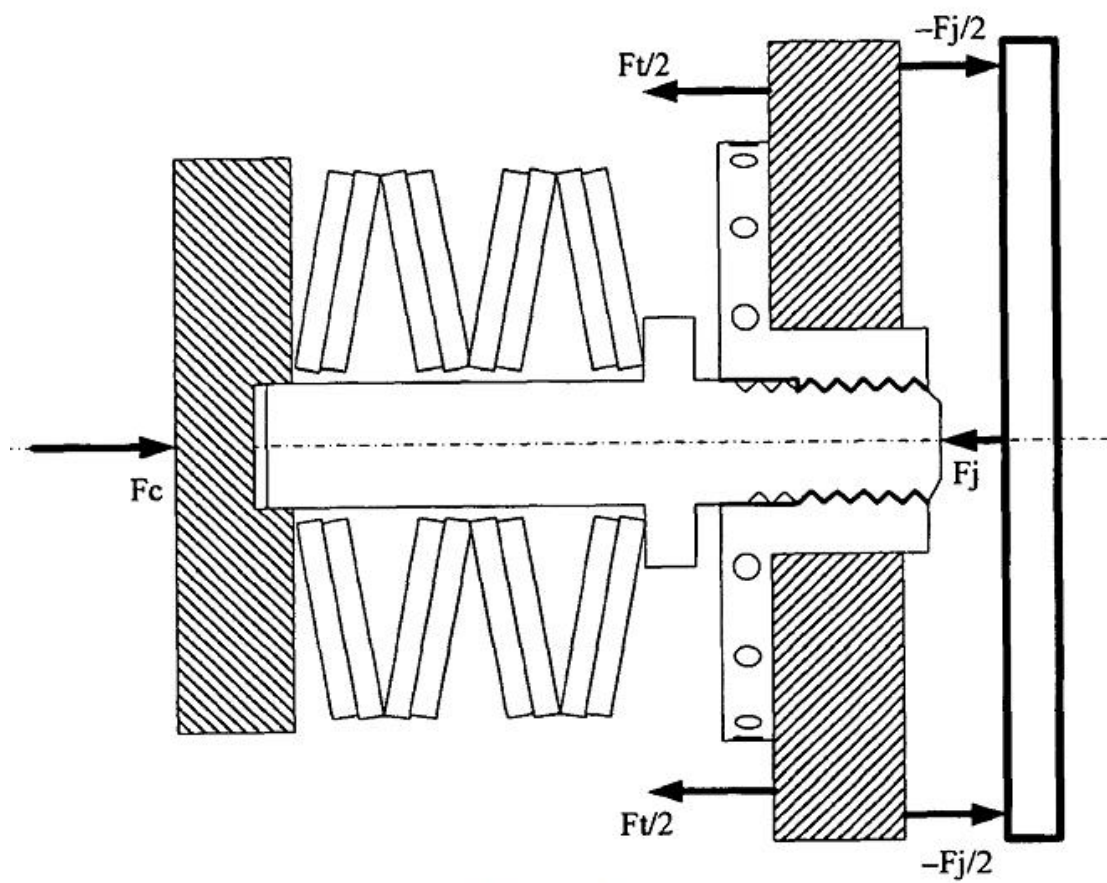


Figura 8

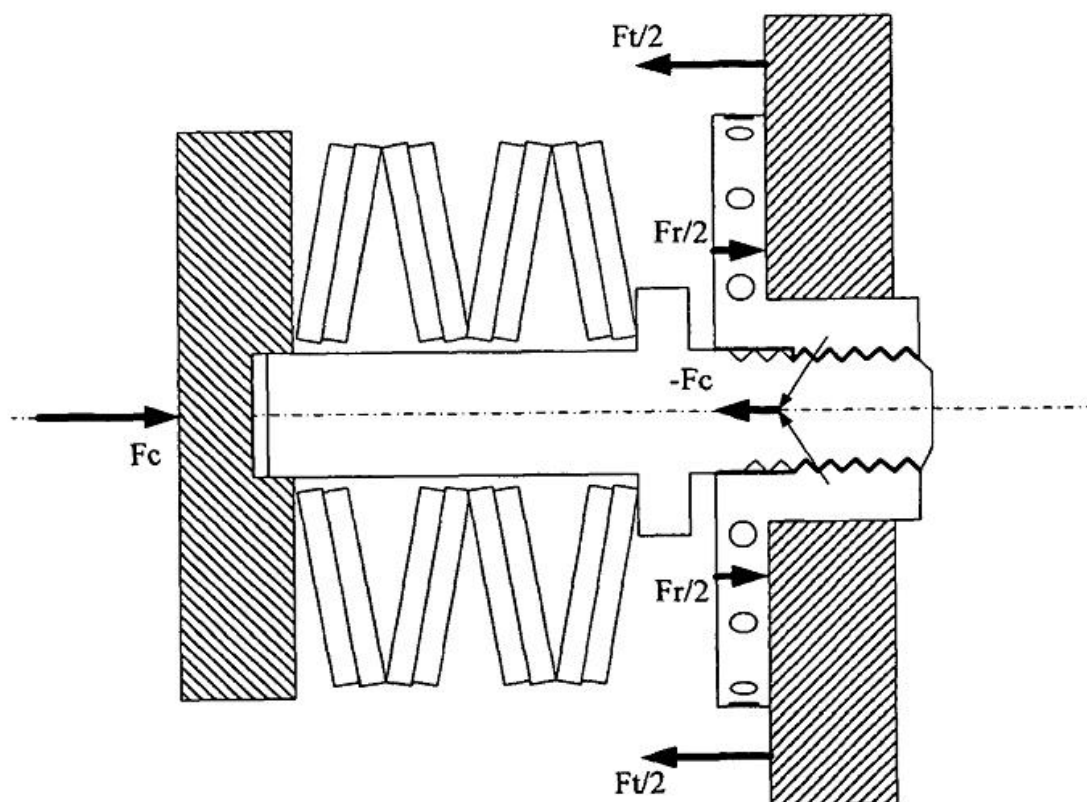


Figura 9