

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 809 229**

51 Int. Cl.:

H01L 23/40 (2006.01)

H01L 23/473 (2006.01)

H02M 7/00 (2006.01)

H05K 7/20 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.09.2018** **E 18195876 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.05.2020** **EP 3460840**

54 Título: **Dispositivos para unir y sellar una estructura de refrigeración de semiconductores**

30 Prioridad:

25.09.2017 US 201715713759

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

03.03.2021

73 Titular/es:

GENERAL ELECTRIC COMPANY (100.0%)
1 River Road
Schenectady, NY 12345, US

72 Inventor/es:

DONNELLY, THOMAS ROBERT y
WAGONER, ROBERT GREGORY

74 Agente/Representante:

CONTRERAS PÉREZ, Yahel

ES 2 809 229 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

Dispositivos para unir y sellar una estructura de refrigeración de semiconductores

5 La presente descripción se refiere, en general, a aerogeneradores y, más particularmente, a métodos y dispositivos para unir y sellar una estructura de refrigeración en módulos de semiconductores de potencia para formar paquetes de semiconductores para convertidores de corriente.

10 Los aerogeneradores modernos se utilizan para suministrar electricidad a la red eléctrica generalmente a través de un convertidor de corriente que utiliza varios sistemas electrónicos de potencia. Pueden utilizarse paquetes de semiconductores para controlar la distribución de corriente a las distintas aplicaciones y dispositivos del sistema electrónico de energía. Un paquete de semiconductores, en general, puede incluir varios chips semiconductores que funcionan como interruptores de corriente para rangos de tensión relativamente elevados. Los semiconductores utilizados en el paquete pueden tener ciertas limitaciones, tales como la tensión de ruptura máxima y la capacidad de transporte de corriente. Debido a las limitaciones de tensión de bloqueo de cada semiconductor individual, 15 pueden conectarse varios semiconductores en serie para lograr la tensión requerida y funcionar en un sistema de mayor potencia. Por ejemplo, los transistores bipolares de puerta aislada (IGBTs) pueden tener una ruptura de tensión relativamente baja, y pueden interconectarse varios IGBTs dentro de un paquete de semiconductores en paralelo para una alta capacidad de corriente y podrían conectarse en serie varios paquetes de IGBTs en una pila para cumplir con elevados requerimientos de tensión y, por lo tanto, permitir la conmutación en aplicaciones de potencia relativamente elevada. Además, debido a la necesidad de corriente elevada en sistemas electrónicos de potencia, pueden disponerse también chips semiconductores en subgrupos dentro de un paquete de semiconductores. Por ejemplo, pueden disponerse en paralelo también varios grupos de IGBTs conectados en serie en el paquete.

25 Los dispositivos semiconductores generan calor cuando se ponen en servicio. Muchos sistemas conocidos de eliminación de calor para tales semiconductores incluyen una trayectoria para el flujo de calor con una alta resistencia térmica, lo que resulta en una temperatura de unión operativa alta para una cantidad particular de pérdida de potencia en el dispositivo semiconductor. Por ejemplo, la trayectoria de refrigeración para muchos 30 módulos de IGBTs incluye una matriz de semiconductores soldada en un lado de un sustrato de aislamiento eléctrico, por ejemplo, nitrato de aluminio, formando así una unión eléctrica sobre el mismo. La mayor parte del calor generado por el IGBT es canalizado desde el lado de unión del sustrato de aislamiento eléctrico, a través del sustrato, hacia el lado opuesto. Muchos de estos sustratos conocidos incluyen un mecanismo de transferencia de calor en el lado opuesto a la unión. Este mecanismo de transferencia de calor se denomina típicamente estructura de refrigeración de lado único.

Algunos semiconductores de potencia grandes a menudo consisten en una gran cantidad de chips o matrices de silicio conectados en serie o en paralelo, según el uso, y pueden estar unidos a una placa común. Tales semiconductores de potencia grandes a menudo se denominan módulos de potencia. Una refrigeración líquida de 40 los módulos de potencia a menudo implica tener una estructura de refrigeración acoplada al fondo, es decir, la placa de base del módulo. La estructura de refrigeración contiene un circuito cerrado para un líquido refrigerante que puede incluir entrada(s) y salida(s) para proporcionar conexiones hidráulicas a un intercambiador de calor. Este método se conoce como refrigeración indirecta.

45 También se practica la refrigeración directa de módulos de semiconductores de potencia, e implica una cámara para el líquido refrigerante definida en una cavidad de la estructura de refrigeración. La placa de base del módulo de semiconductores de potencia puede estar unida a la estructura de refrigeración sobre la cavidad, actuando efectivamente como tapa para cubrir la cavidad y colocando el refrigerante en la cavidad en contacto térmico con la placa de base para la eliminación del calor de la misma. Para sujetar la estructura de refrigeración y la placa de base se utilizan a menudo elementos de sujeción, tales como pernos o tornillos. El flujo y/o la transferencia de calor real del líquido refrigerante puede llevarse a cabo de muchas maneras diferentes. Una manera es mediante el uso de un elemento de distribución, que se inserta en la cavidad, y otra manera conocida es tener una serie de aletas de refrigeración que sobresalgan de la placa de base hacia el líquido refrigerante. Por ejemplo, US 2010/232112 A1 describe un módulo de semiconductores que incluye una placa de base cuya superficie está formada con una región de aleta en la cual se dispone una aleta de refrigeración. En la otra superficie de la placa de base se dispone un sustrato y presenta un dispositivo de conmutación. Un elemento de carcasa presenta un espacio interno. En una pared del elemento de carcasa hay formada una abertura, de modo que la abertura es menor que la superficie de la placa de base y mayor que la región de aleta. US 2013/215573 A1 describe un controlador de motor que comprende un condensador, un bus laminado y un módulo inversor que incluye un circuito inversor conectado a una placa de base, en el que la placa de base incluye unos elementos de refrigeración. Un canal de refrigeración está configurado para recibir un fluido de refrigeración. Los elementos de refrigeración se extienden hacia el canal de refrigeración. El bus laminado conecta eléctricamente el condensador al circuito inversor y conecta térmicamente el condensador al canal de refrigeración.

Varios aspectos y ventajas de la invención se expondrán en parte en la siguiente descripción, o pueden quedar claros a partir de la descripción, o pueden derivarse al poner en práctica la invención.

5 En un aspecto, se describe un paquete de semiconductores de potencia que tiene una placa de base con una primera superficie y una segunda superficie opuesta. En la primera superficie de la placa de base puede ir montado por lo menos un módulo de semiconductores de potencia. Se describe una estructura de refrigeración flexible que tiene por lo menos una cavidad para contener un líquido refrigerante. En la por lo menos una cavidad se dispone por lo menos un medidor de flujo. Alrededor de un perímetro de la cavidad hay un borde de contacto que está configurado para recibir un adhesivo. El borde de contacto está fijado paralelo a la segunda superficie de la placa de base y apoyado contra la misma formando así una junta hermética en el adhesivo.

10 En otro aspecto, se describe un convertidor de corriente que tiene por lo menos un condensador de CC, y por lo menos dos convertidores de CA-CC bidireccionales trifásicos, presentando los convertidores de CA-CC por lo menos un paquete de semiconductores de potencia tal como se ha descrito anteriormente.

15 En un ejemplo, se describe un método para unir y sellar una estructura de refrigeración de semiconductores en un paquete de semiconductores que tiene las etapas de: identificar una placa de base de un paquete de semiconductores, comprendiendo la placa de base una primera superficie y una segunda superficie opuesta; montar por lo menos un módulo de semiconductores de potencia en la primera superficie de la placa de base; hacer coincidir una estructura de refrigeración con la placa de base, comprendiendo la estructura de refrigeración por lo menos una cavidad para contener un líquido refrigerante en la misma; preparar un borde de contacto dispuesto alrededor de un perímetro de la cavidad, estando configurado el borde de contacto para recibir un adhesivo; y, fijar el borde de contacto paralelo a la segunda superficie de la placa de base y apoyado contra la misma formando así una junta hermética en el adhesivo. Diversas características, aspectos y ventajas de la presente invención se entenderán mejor con referencia a la siguiente descripción y las reivindicaciones adjuntas. Los dibujos adjuntos, que se incorporan y forman parte de esta memoria, ilustran unas realizaciones de la invención y, junto con la descripción, sirven para explicar los principios de la invención.

20 En los dibujos:

La figura 1 ilustra un diagrama de bloques de un sistema electrónico que puede incluir paquetes de semiconductores de potencia de acuerdo con una realización de la presente invención;

35 La figura 2 ilustra una vista isométrica de un disipador de calor de refrigeración directa abierto de la técnica anterior con una junta y un módulo de potencia;

La figura 3 ilustra una vista en despiece de los componentes de un paquete de semiconductores de potencia cerrado o integrado de ejemplo;

40 La figura 4 ilustra una vista ensamblada de un paquete de semiconductores de potencia cerrado o integrado de ejemplo;

45 La figura 5 ilustra un paquete de semiconductores de potencia cerrado con espacio para seis módulos de semiconductores de potencia instalados en una estructura de refrigeración de enfriamiento directo;

La figura 6 ilustra una sección a través del paquete de semiconductores de potencia cerrado que se muestra en la figura 4.

50 El uso repetido de signos de referencia en la presente memoria y en los dibujos pretende representar las mismas características o elementos análogos de la presente descripción.

Se hará referencia ahora en detalle a unas realizaciones de la invención, uno o más ejemplos de las cuales se ilustran en los dibujos. Cada ejemplo se da a modo de explicación de la invención, no de limitación de la invención. De hecho, será evidente para los expertos en la materia que pueden realizarse diversas modificaciones y variaciones en la presente invención sin apartarse del alcance de la invención. Por ejemplo, las características ilustradas o descritas como parte de una realización pueden utilizarse con otra realización para producir otra realización adicional. Por lo tanto, se pretende que la presente invención cubra las modificaciones y variaciones que se encuentren dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas y sus equivalentes.

60 En general, se describen dispositivos para unir y/o sellar una placa de refrigeración a un módulo de semiconductores utilizando adhesivo en lugar de elementos de sujeción y juntas tóricas. Estos dispositivos son útiles cuando se implementa un refrigerante directo en una configuración de placa de base en la que una estructura de refrigeración

está fija en la parte inferior del módulo de semiconductor. Un problema que se da es la necesidad de sellar el borde de contacto de la estructura de refrigeración contra el módulo de semiconductor. La práctica actual es disponer una junta tórica alrededor del borde de contacto de la estructura de refrigeración y atornillarla a la base del módulo de semiconductor. Un método mejorado que se describe aquí utiliza un adhesivo para unir y sellar la estructura de refrigeración al módulo de semiconductores en el borde de contacto para realizar un paquete integrado de semiconductores de potencia, eliminando de así un modo de fallo de fugas de refrigerante en la junta tórica. Las operaciones de temperatura cíclicas del módulo de semiconductores varían la ductilidad de la junta tórica, lo que hace que la junta tórica se vuelva más rígida y frágil con el tiempo, lo cual compromete la estanqueidad del refrigerante. El uso de un adhesivo en lugar de una junta tórica elimina una zona de fallos de alto riesgo del paquete integrado de semiconductores sellado de refrigeración por agua directa. Además, al utilizar un adhesivo, pueden eliminarse los elementos de sujeción (tornillos) que sujetan la estructura de refrigeración al módulo de semiconductores. Al utilizar adhesivo en lugar de una junta tórica y elementos de sujeción, la fabricación puede automatizarse más fácilmente. Una fabricación aditiva puede fabricar una placa de base y una estructura de refrigeración completas incluyendo un elemento de distribución de flujo. En la placa de base pueden montarse componentes semiconductores discretos para construir el módulo de semiconductor. Esto eliminaría la necesidad de fijar una estructura de refrigeración en la parte inferior de un módulo de semiconductores.

La figura 1 ilustra un diagrama de bloques de un sistema electrónico que puede incluir paquetes de semiconductores de potencia 34 de acuerdo con una realización del sistema convertidor de energía eólica 10 de la presente descripción. El sistema convertidor de energía eólica 10 puede ser adecuado para capturar energía del viento utilizando palas de turbina 12 y convertir la energía eólica capturada en energía mecánica, y la energía mecánica en energía eléctrica. El sistema 10 puede incluir un multiplicador 16 conectado al rotor de la turbina 14 de las palas de turbina 12. El multiplicador 16 puede adaptar la velocidad relativamente baja del rotor de la turbina 14 a la velocidad relativamente elevada de un generador 18.

El generador 18 puede convertir la energía mecánica en energía eléctrica, y puede ser, por ejemplo, un generador de inducción o un generador síncrono. Por ejemplo, el generador 18 ilustrado en la figura 1 puede ser un generador de inducción doblemente alimentado (DFIG) que incluya un devanado de rotor 20 y un devanado de estator 22. El devanado de estator 22 del generador 18 puede estar conectado a un transformador 28 que transfiera energía eléctrica a través de unos conductores conectados inductivamente a un nivel de tensión adecuado para una red eléctrica 30. La red 30 puede ser una red interconectada que suministre energía eléctrica a otros dispositivos o redes eléctricas. El devanado del rotor 20 del generador 18 puede estar conectado a la red 30 mediante unos convertidores 24 y 26 que desacoplan frecuencias mecánicas y eléctricas (por ejemplo, para permitir el funcionamiento a velocidad variable).

El sistema 10 puede incluir dos convertidores de CA-CC trifásicos 24 y 26 conectados por un condensador de CC 32. El convertidor 24 conectado al devanado del rotor 20 del generador 18 puede denominarse convertidor del lado del rotor 24, mientras que el convertidor 26 conectado a la red 30 a través del transformador 28 puede denominarse convertidor del lado de la red 26. Los convertidores bidireccionales 24 y 26 pueden permitir el control vectorial de la potencia activa y reactiva suministradas a la red 30 y también pueden aumentar la calidad de la corriente y la estabilidad angular y disminuir el contenido armónico introducido en la red 30 (por ejemplo, a través de filtros).

Los convertidores 24 y 26 pueden utilizarse para niveles variables de control de potencia, y pueden utilizar una potencia (tensión y corriente) relativamente elevada, por lo que los transistores utilizados en los convertidores 24 y 26 pueden ser adecuados para conmutar tensiones elevadas. Como los interruptores semiconductores pueden tener limitaciones inherentes para mantener la estabilidad térmica, pueden empaquetarse varios dispositivos semiconductores para controlar la potencia del sistema 10. Por ejemplo, los convertidores 24 y 26 pueden incluir varios paquetes de semiconductores 34, tales como transistores bipolares de compuerta aislada (IGBTs). En algunas realizaciones, los IGBTs 34, o cualquier otro transistor utilizado en los convertidores 24 y 26, pueden empaquetarse en uno o más paquetes de semiconductores estructurados y/o fabricados de acuerdo con las realizaciones descritas aquí.

Debe apreciarse que la figura 1 ilustra una realización no limitativa de la invención. Los puentes de alimentación realizados a partir de paquetes de semiconductores descritos aquí pueden utilizarse en numerosas aplicaciones, incluyendo solar y automovilística. En estos casos, el condensador de CC 32 ilustrado puede ser cualquier fuente de CC, tal como una batería o un conjunto fotovoltaico, y la salida de CA trifásica puede alimentar una red eléctrica, motor, bomba, bombilla o cualquier otra carga eléctrica.

La refrigeración líquida directa de los paquetes de semiconductores de potencia 34 puede clasificarse, además, en una estructura abierta, tal como se aprecia en la técnica anterior de la figura 2, y una estructura cerrada o integrada, tal como se describe aquí y se muestra en las figuras 3 a 6. La figura 2 ilustra una estructura abierta de la técnica anterior que utiliza un disipador de calor de refrigeración directa 3 con su depósito 4 y una entrada y/o salida 6. Se utiliza una junta o junta tórica 7 como cierre hermético y queda insertada entre el disipador de calor 3 y el módulo de

potencia 2 que contiene una placa de base 5. Para garantizar una distribución uniforme del líquido refrigerante, se inserta un elemento de distribución de flujo 8 en el depósito 4. El módulo de potencia 2 se aprieta o se atornilla al disipador de calor 3 mediante pernos o tornillos 9. Los esfuerzos de flexión producidos por los tornillos de montaje 9 del módulo de potencia 2 combinados con la fuerza ejercida por una junta 7 y los pulsos de presión del refrigerante en la placa de base pueden hacer que el material del sustrato cerámico semiconductor se agriete, violando las propiedades de aislamiento eléctrico y destruyendo el dispositivo instantáneamente.

Adicionalmente, en las estructuras abiertas de la figura 2, a menudo es práctico utilizar un módulo de potencia 2 con una placa de base previamente doblada 5. Cuando se fija una placa de base previamente doblada 5 al disipador de calor 3 con un borde superior plano del depósito 4, las fuerzas de los pernos o tornillos 9, combinada con una junta 7 que actúa como punto de apoyo, intentarán aplanar la placa de base previamente doblada 5, lo que hará que el sustrato del chip cerámico semiconductor se agriete y provoque un fallo de aislamiento. Además, la instalación de los tornillos de fijación 9 es un proceso que requiere mucho tiempo, que generalmente se realiza a mano, el cual requiere mano de obra cualificada para un par adecuado. Si se utilizan aletas u otras mejoras de transferencia de calor para extender el área superficial de la placa de base 5, se proporciona un espacio libre entre las puntas de las aletas y el depósito del disipador de calor 4 para permitir una distancia de recorrido durante la compresión y el sellado de la junta tórica.

Una solución efectiva para estos problemas es un paquete de semiconductores de potencia cerrado o integrado 34, tal como se explica aquí y se ilustra en las figuras 3 - 6. La figura 3 ilustra una vista en despiece de un paquete integrado de semiconductores de potencia 34 que puede tener la placa de base 40 integrada con la estructura de refrigeración 38 aplicando un adhesivo 52 como sellador, en lugar de una junta tórica de compresión de una estructura abierta, evitando así la necesidad de tornillos y espacio libre entre la placa de base 40 y la cavidad de la estructura de refrigeración 46. La placa de base 40 puede tener una primera superficie 42 y una segunda superficie opuesta 44 con por lo menos un módulo de semiconductores de potencia 36 montado en la primera superficie 42. Una estructura de refrigeración 38 puede tener por lo menos una cavidad 46 para contener un líquido refrigerante 58 en su interior, y un borde de contacto 48 dispuesto alrededor de un perímetro de la cavidad 46. La cavidad 46 puede tener una entrada 54 y una salida 56 para hacer circular el líquido refrigerante 58 dentro de la cavidad 46. La entrada 54 y la salida 56 pueden colocarse concéntricas entre sí de manera que el líquido refrigerante 58 fluya hacia la cavidad 46 a través de una abertura interna 64 y salga de la cavidad a contracorriente en una abertura anular externa 66 dispuesta concéntrica con la abertura interna 64. La estructura de refrigeración 38 puede tener un elemento de distribución de flujo 62 en comunicación hidráulica con el líquido refrigerante 58 en la cavidad 46 para mantener una distribución adecuada del flujo de líquido refrigerante 58 a lo largo de la segunda superficie 44 de la placa de base 40 y para maximizar la transferencia de calor desde la placa de base 40. Las aletas de refrigeración y otras extensiones de superficie de transferencia de calor pueden extenderse desde la placa de base 40 para mejorar la transferencia de calor. Puede disponerse un borde de contacto 48 alrededor de un perímetro de la cavidad 46 y configurarse para recibir un adhesivo 52. El borde de contacto 48 puede fijarse paralelo a la segunda superficie 44 de la placa de base 40 y apoyado contra la misma formando así una junta hermética en el adhesivo 52. La junta hermética se define aquí como que cumple con el Estándar Militar 883; Método de prueba 1014. El uso de un adhesivo 52 como mecanismo de sellado permite utilizar cualquier material apropiado para la estructura de refrigeración 38.

La cavidad 46 está construida en un material flexible y el sellador adhesivo 52. En la cavidad 46 de la estructura de refrigeración va acoplado un medidor de caudal 60. Un ejemplo no limitativo de un medidor de caudal 60 es un extensímetro para medir la cantidad de desviación de la cavidad producida por el líquido refrigerante 58 que fluye a través de la estructura de refrigeración 38, y después correlacionar cantidad de desviación de la cavidad con un caudal de líquido refrigerante específico 58. El medidor de caudal-extensímetro 60 también puede utilizarse para detectar problemas de distribución de flujo de refrigerante en la estructura integrada del paquete de semiconductores de potencia 34. Debe apreciarse que puede aplicarse cualquier tipo de medidor de caudal 60 en el paquete de semiconductores 34 para medir el caudal del líquido refrigerante 58.

La figura 4 ilustra una vista ensamblada de un ejemplo de un paquete de semiconductores de potencia cerrado o integrado 34 que muestra la placa de base 40 integrada con la estructura de refrigeración 38 aplicando un adhesivo 52 como sellador. Una estructura de refrigeración 38 puede tener por lo menos una cavidad 46 para contener un líquido refrigerante 58, y un borde de contacto 48 dispuesto alrededor de un perímetro de la cavidad 46. La cavidad 46 puede tener una entrada 54 y una salida 56 para hacer circular el líquido refrigerante 58 dentro de la cavidad 46. La estructura de refrigeración 38 puede tener un elemento de distribución de flujo (no mostrado) en contacto con el líquido refrigerante 58 en la cavidad 46 para mantener una distribución del flujo de líquido refrigerante 58 adecuada a lo largo de la placa de base 40.

La unión del adhesivo 52 del sustrato de la placa de base 40 con el sustrato de la estructura de refrigeración 38 puede resultar difícil ya que cada sustrato puede tener diferentes coeficientes de expansión térmica (CET). Además, las tensiones producidas por temperaturas extremas en servicio y el ciclo térmico del paquete de semiconductores

34 a veces hacen que una situación difícil sea más complicada. Los adhesivos 52 pueden seleccionarse con CETs lo más cerca posible de los materiales que se van a unir. O puede aplicarse un adhesivo más flexible y endurecido para compensar el desajuste del CET entre la placa de base 40 y la estructura de refrigeración 38. Por ejemplo, la placa de base 40 puede ser un metal y la estructura de refrigeración 38 puede ser un plástico. Para la selección adecuada del adhesivo es necesario tener en cuenta condiciones de servicio, tasas de contracción, y desajustes del CET del material del sustrato.

Si se requiere baja contracción, baja expansión térmica y estabilidad dimensional, el adhesivo 52 puede ser, por ejemplo, Master Bond EP30LTE, que tiene un CET lineal en el rango de entre aproximadamente $14,4 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ y aproximadamente $180,0 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ (entre aproximadamente 8,0 y aproximadamente 10,0 micro-pulgadas/pulgada $^{\circ}\text{F}$). Para otras aplicaciones, un adhesivo adecuado 52 para unir los paquetes de semiconductores de potencia 34 es el Scotch-Weld Adhesive 2214 fabricado por 3M. El rango de temperatura de funcionamiento del adhesivo 52 Scotch-Weld puede ser de entre aproximadamente $-51,1^{\circ} \text{C}$ y aproximadamente $+121,2^{\circ} \text{C}$ (entre aproximadamente -60°F y aproximadamente $+250^{\circ} \text{F}$), y el CET lineal para el adhesivo 52 Scotch-Weld puede ser de entre aproximadamente $43,2$ y aproximadamente $135,0 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ (entre aproximadamente 24,0 y aproximadamente 75 micro-pulgadas/pulgada- $^{\circ}\text{F}$). El adhesivo 52 puede aplicarse como un cordón continuo sobre la superficie plana 50 del borde de contacto 48, haciendo así que el adhesivo 52 forme una junta contigua para evitar fugas de refrigerante a través de muchos ciclos operativos. La junta adhesiva 52 queda situada fuera de la trayectoria conductora de calor entre la placa de base 40 y el líquido refrigerante 58. Por lo tanto, el rendimiento de refrigeración del paquete de semiconductores 34 no es sensible a las propiedades de conductividad térmica del adhesivo 52.

La estructura de refrigeración 38 está construida en materiales flexibles tales como plástico moldeado flexible, plástico reforzado con fibra, compuestos, compuestos de caucho y combinaciones de los mismos. Utilizando una estructura de refrigeración flexible 38, puede disponerse con la cavidad 46 un medidor de caudal 60, tal como un extensímetro, para detectar el caudal del líquido refrigerante 58 en la cavidad 46. Además, el elemento de distribución de flujo 62 puede presentar unos microcanales para una distribución del líquido refrigerante 58 adecuada.

En la figura 5 se ilustra una realización del paquete de semiconductores 34 con seis estructuras de refrigeración 38 y seis cavidades 46 para recibir seis módulos de semiconductores 36. Dicha estructura de refrigeración puede tener una entrada 54 y una salida 56 común que se extiendan entre cada cavidad 46 para el líquido refrigerante 58. Los módulos de semiconductores 36 pueden contener dispositivos semiconductores tales como transistores bipolares de puerta aislada (IGBTs), transistores de efecto de campo metal óxido semiconductor (MOSFETs), transistores de unión bipolar (BJTs), tiristores controlados por puerta integrada (IGCTs), tiristores desactivados por compuerta (GTO), rectificadores controlados de silicio (SCRs), diodos y combinaciones de los mismos. Los dispositivos pueden construirse en materiales tales como silicio (Si), carburo de silicio (SiC), nitruro de galio (GaN), arseniuro de galio (GaAs), y combinaciones de los mismos.

La figura 6 ilustra una sección a través del paquete de semiconductores de potencia cerrado 34, tal como se muestra en la figura 4, el cual tiene la placa de base 40 integrada con la estructura de refrigeración 38 aplicando un adhesivo 52 como sellador. Una estructura de refrigeración 38 puede tener por lo menos una cavidad 46 para contener un líquido refrigerante 58 en su interior. La cavidad 46 puede tener una entrada 54 y una salida 56 para hacer circular el líquido refrigerante 58 dentro de la cavidad 46.

Un método para unir y sellar una estructura de refrigeración de semiconductores 38 en un paquete de semiconductores 34 puede tener las etapas de: identificar una placa de base 40 de un paquete de semiconductores 34, comprendiendo la placa de base 40 una primera superficie 42 y una segunda superficie opuesta 44; montar por lo menos un módulo de semiconductores de potencia 36 en la primera superficie 42 de la placa de base 40; hacer coincidir una estructura de refrigeración 38 con la placa de base 40, comprendiendo la estructura de refrigeración 38 por lo menos una cavidad 46 para contener un líquido refrigerante 58 en su interior; preparar un borde de contacto 48 dispuesto alrededor de un perímetro de la cavidad 46, estando configurado el borde de contacto 48 para recibir un adhesivo 52; y fijar el borde de contacto 48 paralelo a la segunda superficie 44 de la placa de base 40 y en contacto con la misma formando, de este modo, una junta hermética en el adhesivo 52. Etapas adicionales del método pueden incluir: montar por lo menos un medidor de caudal 60 en por lo menos una cavidad 46; medir la cantidad de desviación de la cavidad 46 producida por el líquido refrigerante 58 que fluye a través de la estructura de refrigeración 38, y correlacionar la cantidad de desviación de la cavidad con un caudal específico del líquido refrigerante 58.

Esta descripción escrita utiliza ejemplos para describir la invención, incluyendo el modo preferido, y también para permitir que cualquier persona experta en la materia ponga en práctica la invención, incluyendo la fabricación y el uso de cualquier dispositivo o sistema y la realización de cualquier método incorporado. El alcance patentable de la invención está definido por las reivindicaciones, y puede incluir otros ejemplos que se les ocurran a los expertos en la materia. Se pretende que dichos otros ejemplos queden dentro del alcance de las reivindicaciones si incluyen

elementos estructurales que no difieran del lenguaje literal de las reivindicaciones, o si incluyen elementos estructurales equivalentes con diferencias insustanciales de los lenguajes literales de las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Paquete de semiconductores de potencia (34), que comprende:

5 una placa de base (40) que comprende una primera superficie (42) y una segunda superficie opuesta (44);
por lo menos un módulo de semiconductores de potencia (36) montado en la primera superficie (42) de la placa
de base (40);
una estructura de refrigeración flexible (38) que comprende por lo menos una cavidad (46) para contener un
líquido refrigerante (58) en la misma, y por lo menos un medidor de caudal (60) dispuesto con la por lo menos
10 una cavidad (46), en el que, alrededor de un perímetro de la por lo menos una cavidad (46), se dispone un borde
de contacto (48) configurado para recibir un adhesivo (52), estando el borde de contacto (48) fijado paralelo a la
segunda superficie (44) de la placa de base (40) y apoyado contra la misma formando así una junta hermética en
el adhesivo (52).

15 2. Paquete de semiconductores de potencia (34) de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de
que la por lo menos una cavidad (46) comprende una entrada (54) y una salida (56) para hacer circular el líquido
refrigerante (58).

20 3. Paquete de semiconductores de potencia de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores,
caracterizado por el hecho de que el coeficiente de expansión térmica del adhesivo (52) se encuentra en el rango de
entre aproximadamente $14,4 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ (8,0 micro-pulgadas/pulgada- °F) y aproximadamente $135,0 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ (75,0
micro-pulgadas/pulgada- °F).

25 4. Paquete de semiconductores de potencia (34) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores,
caracterizado por el hecho de que la estructura de refrigeración (38) comprende por lo menos dos cavidades.

30 5. Paquete de semiconductores de potencia (34) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores,
caracterizado por el hecho de que la estructura de refrigeración (38) comprende, además, un elemento de
distribución de flujo (62) en comunicación hidráulica con el líquido refrigerante (58).

6. Paquete de semiconductores de potencia (34) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores,
caracterizado por el hecho de que el paquete de semiconductores (34) es una estructura cerrada o integrada.

35 7. Convertidor de corriente (10), que comprende;

por lo menos un condensador de CC (32), y,
por lo menos dos convertidores de AC-DC bidireccionales trifásicos (24, 26), comprendiendo los convertidores de
AC-DC (24, 26) por lo menos un paquete de semiconductores de potencia (34), comprendiendo el por lo menos
un paquete de semiconductores de potencia (34):

40 una placa de base (40) que comprende una primera superficie (42) y una segunda superficie opuesta (44);
por lo menos un módulo de semiconductores de potencia (36) montado en la primera superficie (42) de la
placa de base (40); y,
una estructura de refrigeración flexible (38) que comprende por lo menos una cavidad (46) para contener un
líquido refrigerante (58) en la misma, y por lo menos un medidor de caudal (60) dispuesto con la por lo menos
45 una cavidad (46), en el que, alrededor de un perímetro de la por lo menos una cavidad (46), se dispone un
borde de contacto (48) configurado para recibir un adhesivo (52), estando el borde de contacto (48) fijado
paralelo a la segunda superficie (44) de la placa de base (40) y apoyado contra la misma formando así una
junta hermética en el adhesivo (52);

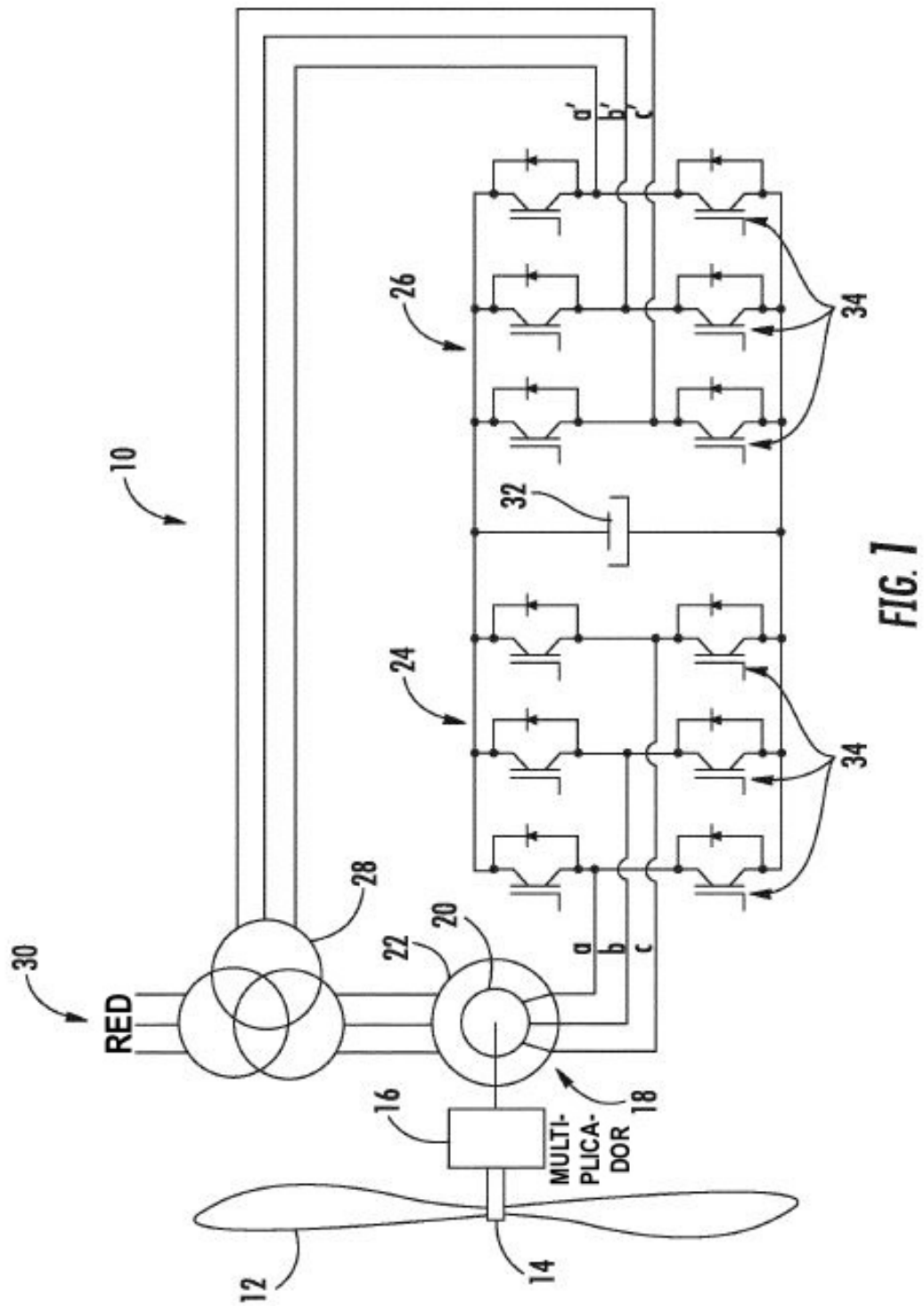
50 en el que el paquete de semiconductores (34) es una estructura cerrada o integrada.

55 8. Convertidor de corriente (10) de acuerdo con la reivindicación 7, caracterizado por el hecho de que el coeficiente
de expansión térmica del adhesivo (52) se encuentra en el rango de entre aproximadamente $14,4 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ (8,0
micro-pulgadas/pulgada- °F) y aproximadamente $135,0 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ (75,0 micro-pulgadas/pulgada- °F).

9. Convertidor de corriente (10) de acuerdo con la reivindicación 7 u 8, caracterizado por el hecho de que la
estructura de refrigeración (38) comprende por lo menos dos cavidades.

60 10. Convertidor de corriente (10) de acuerdo con la reivindicación 7, 8 o 9, caracterizado por el hecho de que la
estructura de refrigeración (38) comprende, además, un elemento de distribución de flujo (62) en comunicación
hidráulica con el líquido refrigerante (58).

11. Convertidor de corriente (10) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 7 a 10, caracterizado por el hecho de que la por lo menos una cavidad (46) comprende una entrada (54) y una salida (56) para hacer circular el líquido refrigerante (58).
- 5 12. Convertidor de corriente (10) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 7 a 11, caracterizado por el hecho de que la estructura de refrigeración (38) está construida en por lo menos uno de metal, plástico moldeado, plástico reforzado con fibra, compuestos, y combinaciones de los mismos.



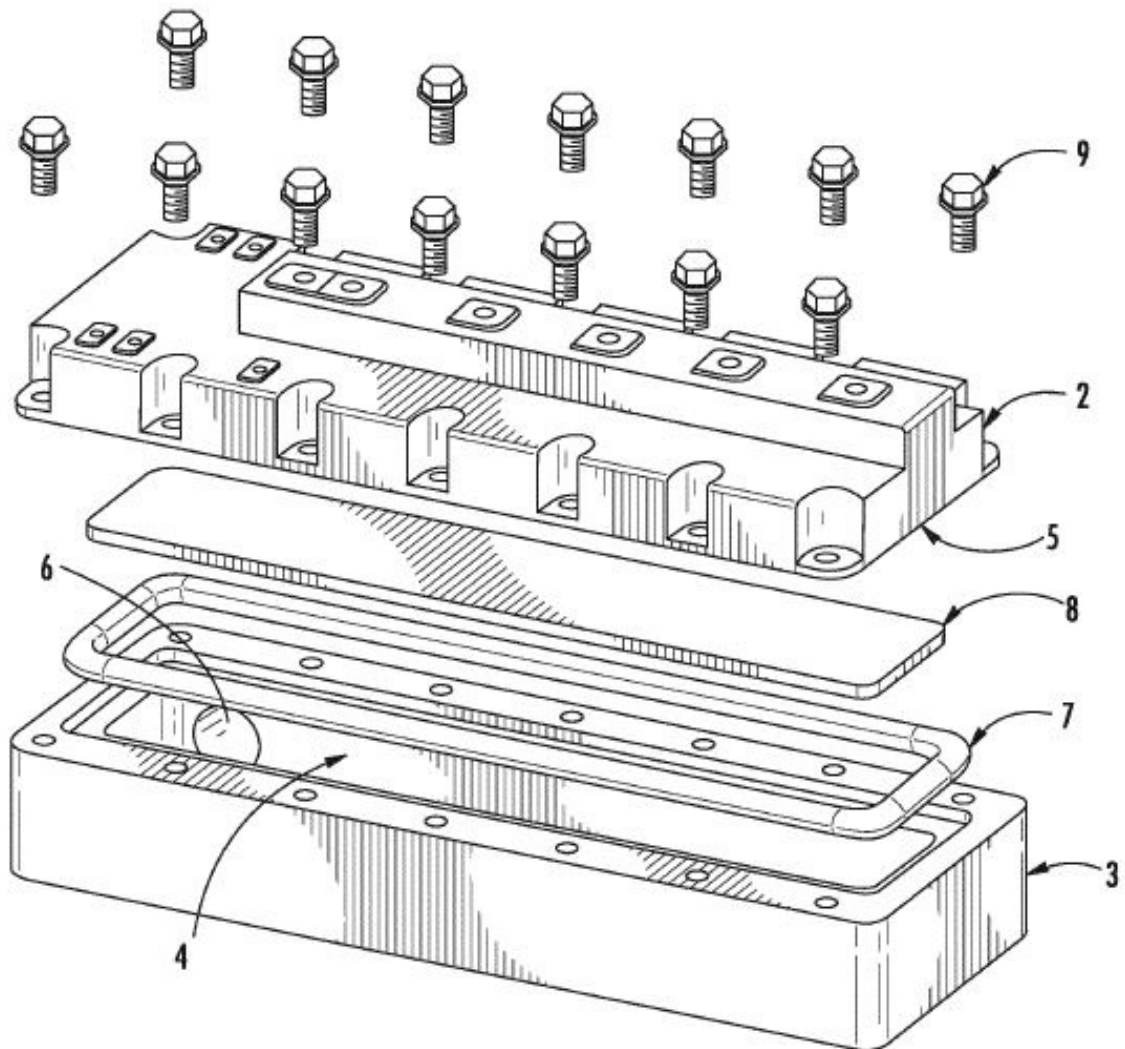


FIG. 2
(ESTADO DE LA TÉCNICA)

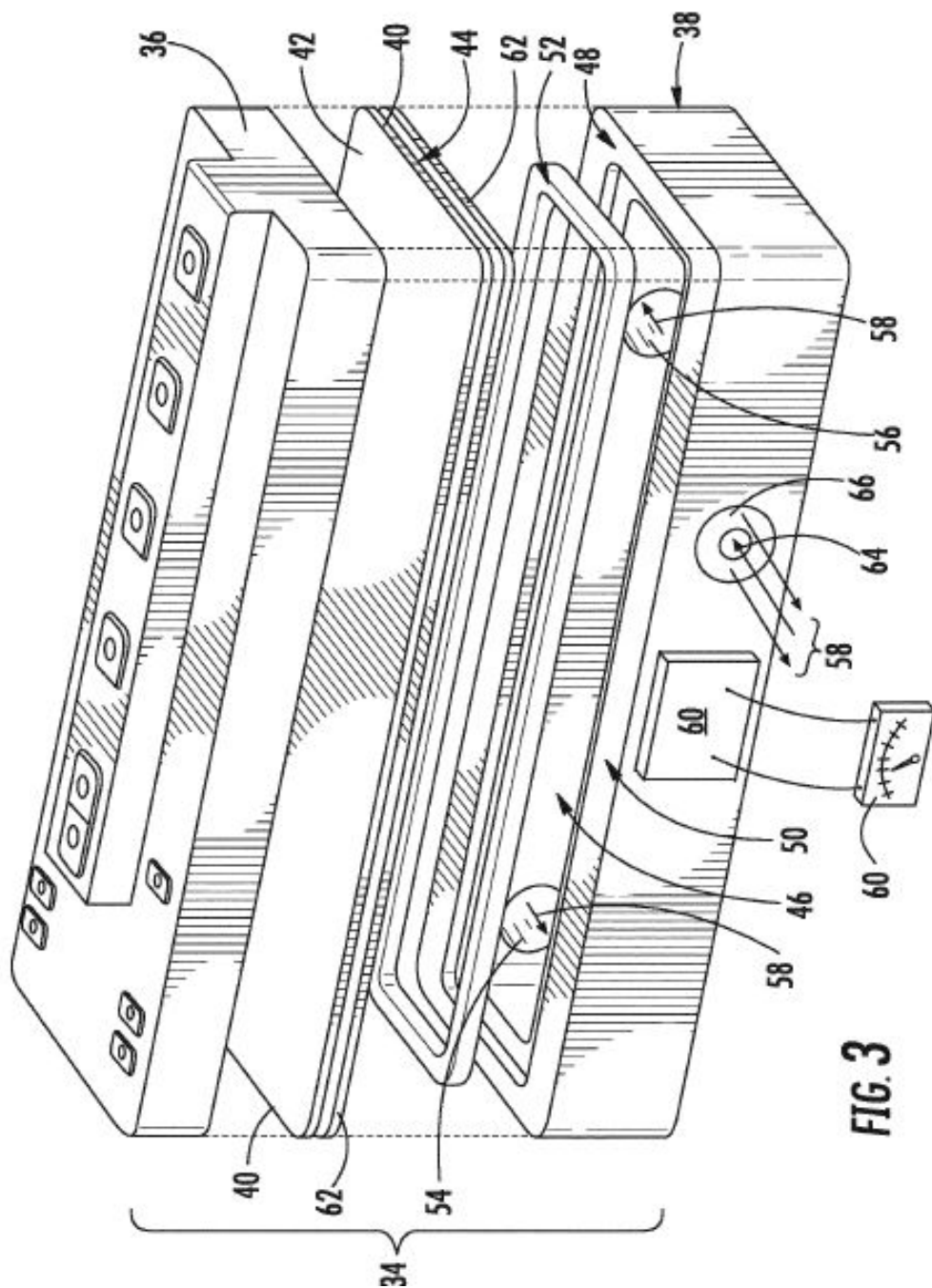


FIG. 3

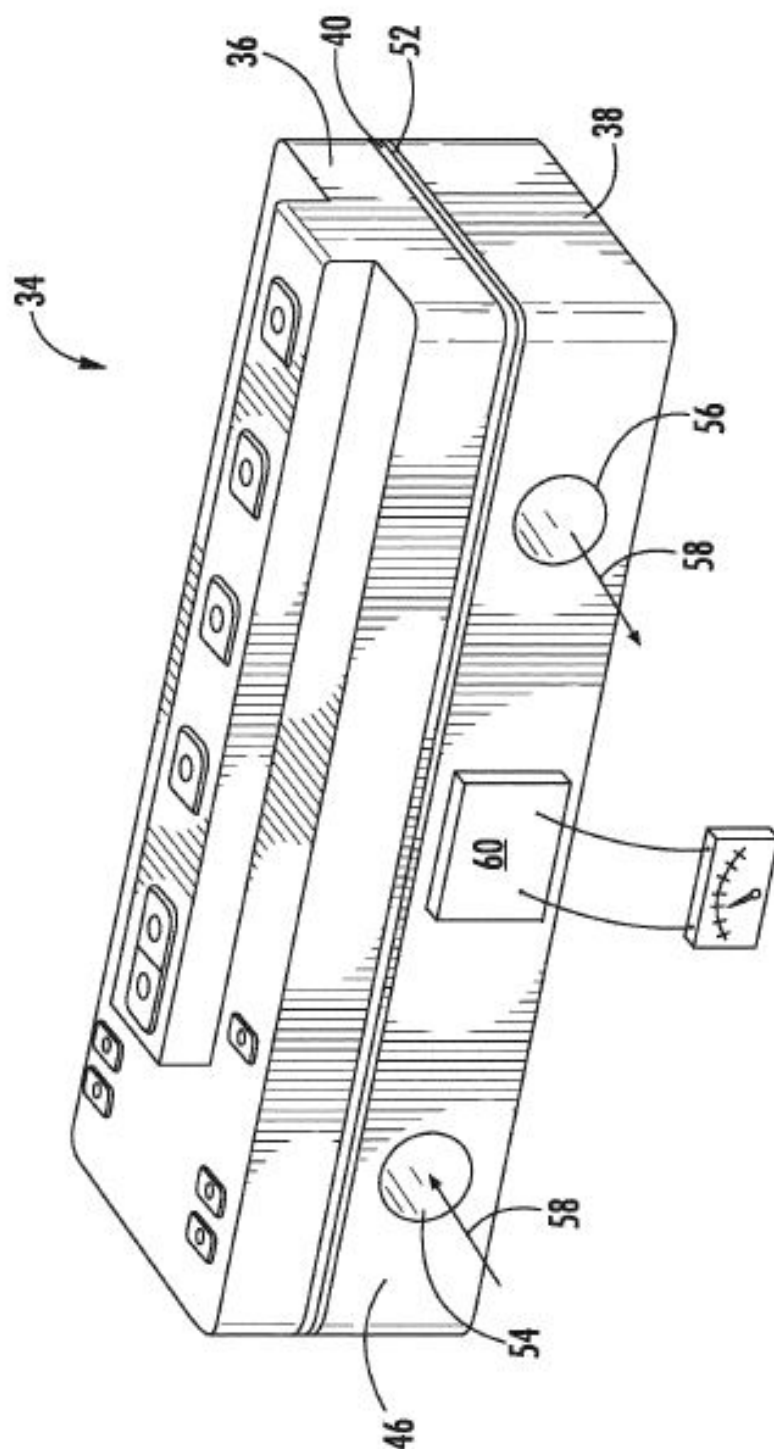


FIG. 4

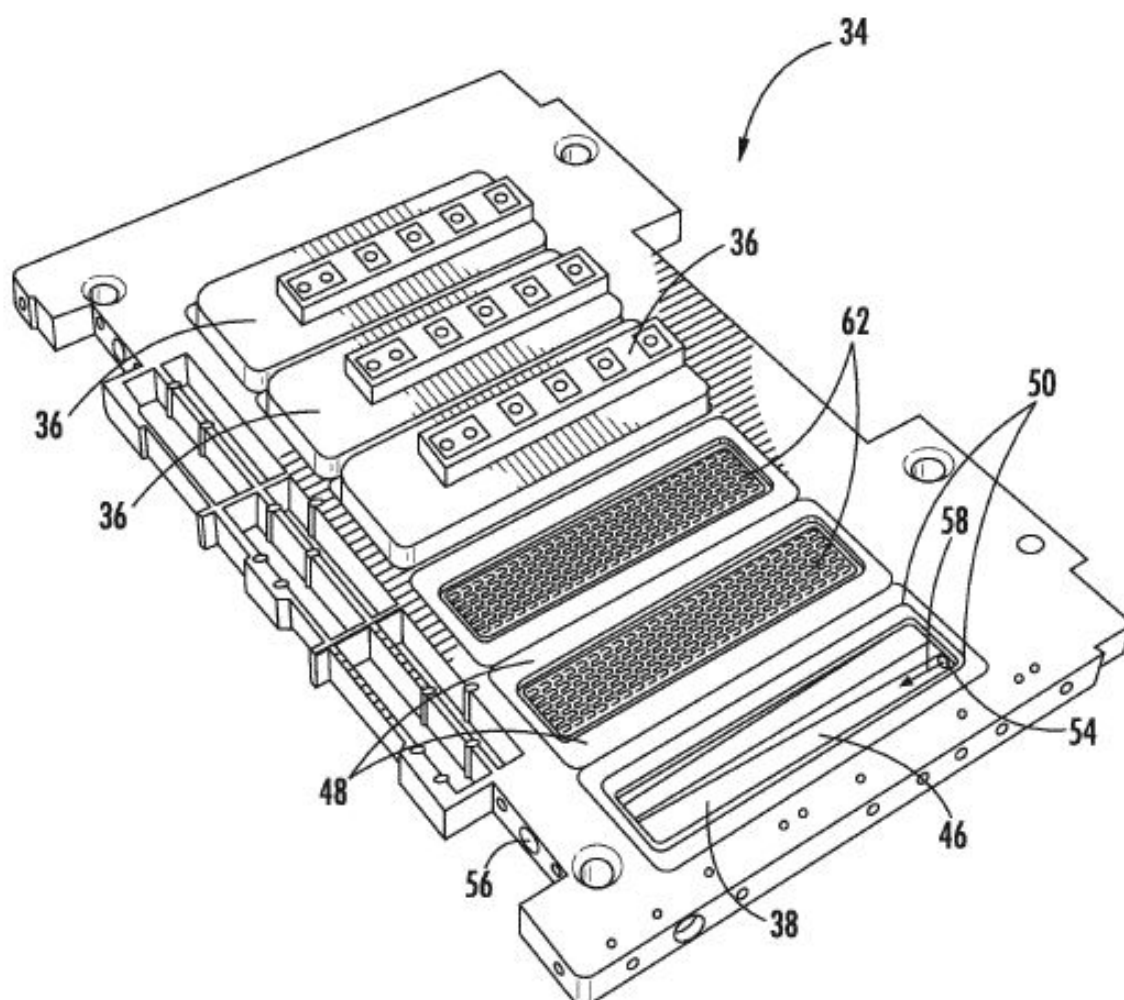
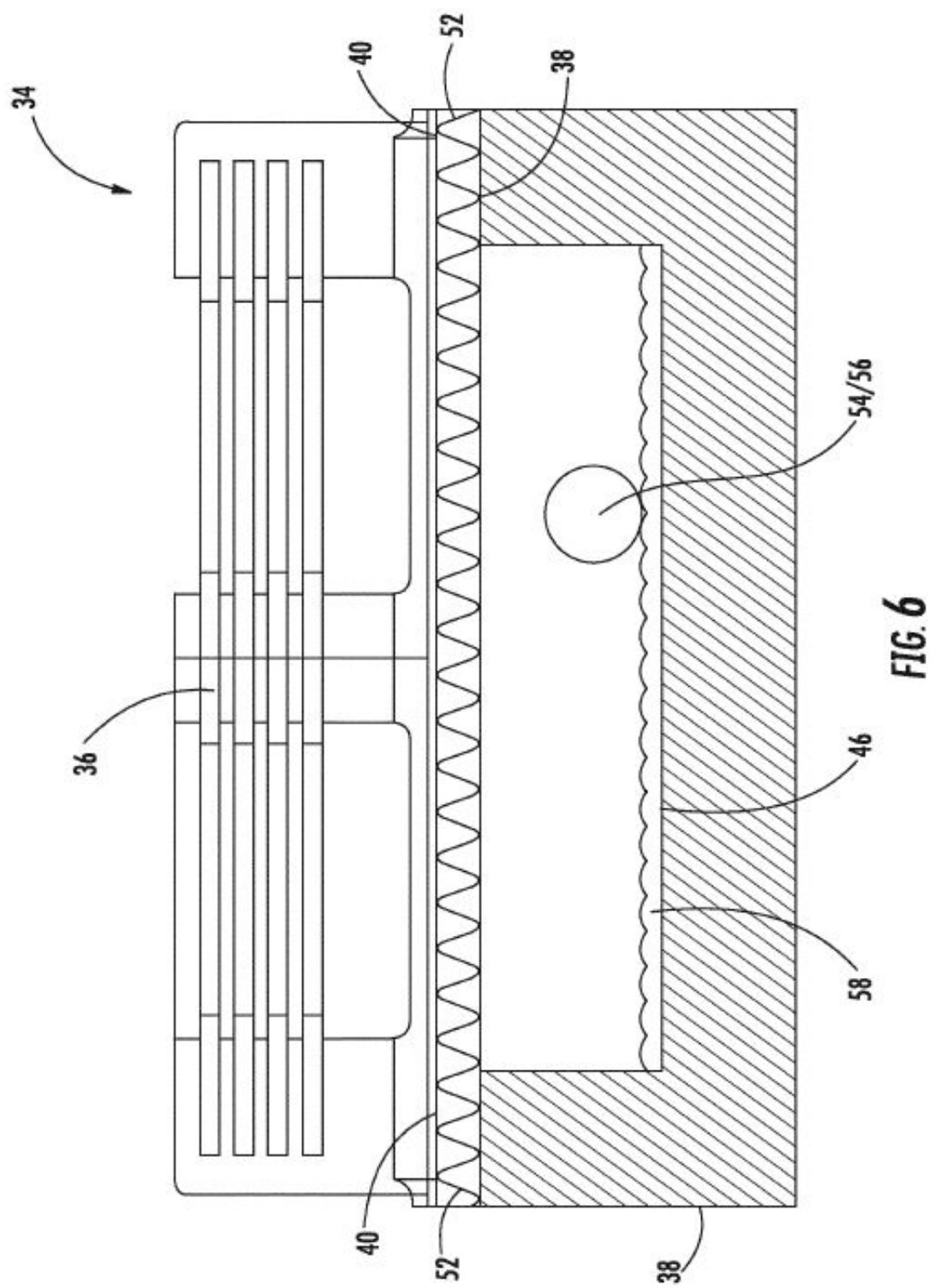


FIG. 5



REFERENCIAS CITADAS EN LA DESCRIPCIÓN

Esta lista de referencias citadas por el solicitante es únicamente para la comodidad del lector. No forma parte del documento de la patente europea. A pesar del cuidado tenido en la recopilación de las referencias, no se pueden excluir errores u omisiones y la EPO niega toda responsabilidad en este sentido.

5

Documentos de patentes citados en la descripción

10

• US 2010232112 A1 [0005]

• US 2013215573 A1 [0005]