(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 744 490**

(51) Int. Cl.:

H05K 1/02	(2006.01)
H01L 23/492	(2006.01)
H01L 25/07	(2006.01)
H02M 7/00	(2006.01)
H05K 1/05	(2006.01)
H05K 1/09	(2006.01)
H01L 25/18	(2006.01)
H05K 3/46	(2006.01)
H05K 7/02	(2006.01)
H05K 7/04	(2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.04.2013** **PCT/AT2013/000063**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **07.11.2013** **WO13163664**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.04.2013** **E 13720750 (2)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.06.2019** **EP 2845453**

(54) Título: **Placa de circuito impreso, en particular para un módulo de electrónica de potencia, que comprende un sustrato eléctricamente conductor**

(30) Prioridad:

04.05.2012 AT 5262012

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
25.02.2020

(73) Titular/es:

A.B. MIKROELEKTRONIK GESELLSCHAFT MIT BESCHRÄNKTER HAFTUNG (100.0%)
Josef-Brandstätter-Strasse 2
5020 Salzburg, AT

(72) Inventor/es:

BURNS, ROBERT, CHRISTOPHER;
TUSLER, WOLFGANG y
HAEGELE, BERND

(74) Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 744 490 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

Placa de circuito impreso, en particular para un módulo de electrónica de potencia, que comprende un sustrato eléctricamente conductor

La invención se refiere a una placa de circuito impreso con las características del preámbulo de la reivindicación 1. Además, la invención se refiere a un módulo de electrónica de potencia que comprende al menos una placa de circuito impreso y a un procedimiento para fabricar una placa de circuito impreso.

Una placa de circuito impreso genérica se conoce, por ejemplo, por el documento JP 2004 319562 A, que desvela un módulo inversor que comprende sustratos en forma de placas de electrodos, que pueden estar compuestas de aluminio.

El documento JP 2006 049542 A desvela un módulo de electrónica de potencia, pero cuyas placas de electrodos no están compuestas de aluminio.

El material aluminio es cada vez más importante, especialmente en el campo de la electrónica de potencia. Debido a su peso relativamente bajo y al bajo coste, el aluminio a menudo se usa como disipador de calor para componentes electrónicos (p. ej., LED, IG-BT o MOSFET) en módulos de electrónica de potencia o directamente como conductor con corriente, en particular como barra conductora o colectora. El aluminio tiene una conductividad térmica muy alta y una conductividad eléctrica muy alta para estas aplicaciones.

En el campo de la electrónica de potencia, el sustrato utilizado con frecuencia es un sustrato metálico aislado (en inglés "insulated metal substrate" o IMS para abreviar), que comprende un núcleo de aluminio y que está envuelto por una capa eléctricamente aislante o dieléctrica. El núcleo de aluminio se utiliza en este caso exclusivamente para mejorar la conducción del calor. Las propias pistas conductoras están dispuestas sobre la capa aislante y no están en contacto eléctrico con el núcleo de aluminio.

El objetivo de la invención es proporcionar una placa de circuito impreso genérica en la que los componentes electrónicos puedan disponerse en contacto eléctrico con un sustrato de la placa de circuito impreso. En particular, un componente electrónico deberá poder soldarse a un sustrato de una placa de circuito impreso, compuesta predominantemente de aluminio y/o una aleación de aluminio, para poder establecer un contacto eléctrico del componente electrónico con el sustrato.

Este objetivo se logra mediante las características de la reivindicación 1. Configuraciones ventajosas de la invención se especifican en las reivindicaciones dependientes.

De acuerdo con la invención está previsto, por lo tanto, que sobre al menos una superficie del sustrato eléctricamente conductor esté dispuesta al menos una superficie conductora en forma de una capa eléctricamente conductora, preferentemente aplicada mediante un procedimiento de impresión, de manera especialmente preferente mediante un procedimiento de serigrafía, poniéndose la superficie conductora en contacto eléctrico directamente con el sustrato eléctricamente conductor.

Un objetivo de la invención es lograr un contacto eléctrico directo de superficies conductoras o pistas conductoras dispuestas sobre el sustrato con el propio sustrato y usar el sustrato como conductor eléctrico. En la placa de circuito impreso propuesta, una superficie conductora eléctricamente conductora, que puede estar compuesta sustancialmente de cobre y presentar un espesor de 25 µm a 125 µm, preferentemente de 90 µm a 110 µm, está dispuesta directamente en una superficie del sustrato eléctricamente conductor. Por lo tanto, se puede prescindir de una capa aislante dispuesta entre el sustrato y la superficie conductora. Debido a ello, por un lado, se puede lograr una construcción simplificada de la placa de circuito impreso, por lo que se puede fabricar también de manera más económica una placa de circuito impreso. Por otro lado, además de su función como dispositivo de disipación de calor, el sustrato también se puede utilizar, debido a ello, como parte que transporta corriente de la placa de circuito impreso. Esto es particularmente ventajoso en módulos de electrónica de potencia y a las altas corrientes eléctricas que se producen en estos.

De acuerdo con una forma de realización particularmente preferida puede estar previsto que la al menos una superficie del sustrato eléctricamente conductor esté configurada sustancialmente plana. Como resultado, el procedimiento de fabricación de una placa de circuito impreso puede simplificarse significativamente. Por ejemplo, las placas de aluminio convencionales que tienen un espesor de aproximadamente 1 mm a 3 mm simplemente se pueden cortar, aserrar o troquelar según sea necesario sin tener que tratar especialmente las superficies de las placas de aluminio.

En una forma de realización preferida de la invención puede estar previsto que sobre la al menos una superficie del sustrato eléctricamente conductor esté dispuesta al menos una superficie aislante en forma de una capa dieléctrica, aplicada preferentemente mediante un procedimiento de impresión, de manera especialmente preferente mediante un procedimiento de serigrafía. A este respecto, la al menos una superficie aislante puede limitar al menos parcialmente con la al menos una superficie conductora, preferentemente rodear la al menos una superficie conductora.

Para evitar un salto de chispas entre partes que transportan corriente o tensión y un cortocircuito asociado a ello, estas

se deben disponer a una cierta distancia entre sí. Por ejemplo, la distancia o el espacio de aire entre dos partes que transportan tensión, para una diferencia de tensión de 400 V de acuerdo con la norma DIN EN 60664-1 VDE 0110-1, debe ser de al menos 4 mm. Gracias a la superficie aislante, la distancia con respecto a otras partes que transportan corriente, por ejemplo otras placas de circuito impreso dentro de un módulo de electrónica de potencia, puede reducirse, para la misma rigidez dieléctrica, por ejemplo, a menos de 1 mm. Como resultado, se pueden reducir los tamaños de los módulos de electrónica de potencia que comprenden al menos una placa de circuito impreso propuesta.

El espesor de la superficie aislante se puede seleccionar en función de la tensión de ruptura que se haya de establecer. Con una tensión de ruptura promedio de la capa dieléctrica de 800 V por 25 µm, un espesor de 100 µm suele ser suficiente para la superficie aislante. En general, el espesor de la capa dieléctrica puede seleccionarse dependiendo de la tensión de ruptura de un IGBT utilizado y dispuesto, por ejemplo, entre dos placas de circuito impreso, y, por ejemplo, para aplicaciones de alta tensión puede seleccionarse de tal modo que se logre una tensión de ruptura de aproximadamente 600 V a aproximadamente 1700 V.

En general, la superficie aislante también puede servir como cubierta de soldadura para la al menos una superficie conductora. Por lo tanto, la al menos una superficie aislante se puede aplicar al sustrato con tal patrón, de modo que la al menos una superficie conductora o una pluralidad de superficies conductoras estén rodeadas o enmarcadas por la superficie aislante.

Para producir la al menos una superficie aislante sobre el sustrato puede estar previsto que sobre la al menos una superficie del sustrato se aplique al menos por zonas una capa dieléctrica. A este respecto, se puede aplicar una pasta dieléctrica de película gruesa mediante un procedimiento de impresión, preferentemente mediante un procedimiento de serigrafía. La pasta de película gruesa puede secarse a temperaturas inferiores a aproximadamente 200 °C durante aproximadamente 10 minutos o sinterizarse directamente en un horno de cocción.

La cocción o sinterización de la pasta de película gruesa se puede llevar a cabo en atmósfera de aire a temperaturas entre aproximadamente 540 °C y aproximadamente 640 °C en un horno de cocción. También es posible cocer la pasta de película gruesa a temperaturas inferiores a 540 °C, pero esto puede afectar negativamente a la adhesión de la pasta de película gruesa al sustrato. Si la pasta de película gruesa se cuece por encima de 640 °C, el sustrato puede comenzar a ablandarse porque el punto de fusión del aluminio es de aproximadamente 660 °C.

Para lograr una adhesión favorable de la pasta de película gruesa al sustrato, los componentes de vidrio de la pasta de película gruesa pueden comprender al menos un óxido de metal alcalino, por ejemplo óxido de litio, óxido de sodio u óxido de potasio. Como resultado, los componentes de vidrio se funden ya a temperaturas inferiores al punto de fusión del aluminio. Además, debido a la presencia de óxidos de metales alcalinos también puede aumentar el coeficiente de dilatación de la pasta de película gruesa y/o adaptarse al coeficiente de dilatación del aluminio.

Una placa de circuito impreso propuesta es particularmente adecuada para su uso en módulos de electrónica de potencia compactos, por ejemplo, en puentes de alimentación polifásicos de alta corriente o convertidores. En tales módulos de electrónica de potencia, a menudo se utilizan interruptores o transistores electrónicos en forma de transistores bipolares con electrodos de puerta aislados (en inglés "insulated-gate bipolar transistor", IGBT para abreviar). Para la conexión de un electrodo de puerta de este tipo puede estar previsto que sobre la al menos una superficie aislante esté dispuesta al menos una superficie de conexión en forma de una capa eléctricamente conductora. La superficie de conexión puede conectarse posteriormente al terminal de puerta de un IGBT, por ejemplo, mediante soldadura.

También se desea protección para un módulo de electrónica de potencia según la reivindicación 12. Configuraciones ventajosas se especifican en las reivindicaciones dependientes.

Una placa de circuito impreso propuesta puede formar parte de un módulo de electrónica de potencia, por ejemplo un convertidor. Tales convertidores se utilizan, entre otras cosas, en trenes de accionamiento híbridos o totalmente eléctricos en el sector de la automoción para convertir la tensión de CC de una fuente de tensión de CC (por ejemplo, batería) en una tensión de CA trifásica para un motor trifásico. El convertidor en sí mismo puede incluir seis interruptores electrónicos (p. ej., IGBT) y diodos de retorno correspondientes. Mediante un control apropiado de los terminales de puerta de los IGBT puede convertirse una tensión de CC aplicada al convertidor, por ejemplo en el intervalo de aproximadamente 300 V a 1200 V, de manera conocida en tensiones de CA trifásicas y alimentarse a un motor trifásico.

De acuerdo con una forma de realización particularmente preferida, un módulo de electrónica de potencia propuesto puede comprender una primera placa de circuito impreso, una segunda placa de circuito impreso y tres terceras placas de circuito impreso.

Para la primera placa de circuito puede estar previsto que sobre la al menos una superficie del sustrato eléctricamente conductor estén dispuestas una pluralidad de superficies conductoras, preferentemente seis superficies conductoras, estando las superficies conductoras preferentemente rodeadas por una superficie aislante. Por ejemplo, se pueden colocar tres IGBT y tres diodos de retorno correspondientes en las superficies conductoras, por ejemplo mediante soldadura. La primera placa de circuito impreso puede estar configurada, por ejemplo, como barra conductora de

polaridad negativa de un convertidor, que se puede conectar al polo negativo de una fuente de tensión de CC.

Para la segunda placa de circuito impreso puede estar previsto adicionalmente que sobre la superficie aislante estén dispuestas una pluralidad de superficies de conexión, preferentemente tres superficies de conexión. Como resultado, además de la colocación de tres IGBT y tres diodos de retorno correspondientes, en las superficies conductoras también pueden unirse los electrodos de puerta de los IGBT a las superficies de conexión, por ejemplo mediante soldadura, y posteriormente activarse. La segunda placa de circuito puede estar configurada, por ejemplo, como barra conductora de polaridad positiva de un convertidor, que se puede conectar al polo positivo de una fuente de tensión de CC.

Para cada una de las tres terceras placas de circuito impreso puede estar previsto que sobre una primera superficie del sustrato eléctricamente conductor estén dispuestas una pluralidad de superficies conductoras, preferentemente dos superficies conductoras, y que sobre una segunda superficie del sustrato eléctricamente conductor estén dispuestas una pluralidad de superficies conductoras, preferentemente dos superficies conductoras, así como al menos una superficie aislante, estando dispuesta sobre la al menos una superficie aislante una superficie de conexión.

Cada una de las tres terceras placas de circuito impreso puede estar configurada como conexión de fase de un convertidor para un motor trifásico. Las dos superficies conductoras de la primera superficie de una tercera placa de circuito impreso se pueden conectar, por ejemplo mediante soldadura, en cada caso con un par de componentes electrónicos (que comprenden un IGBT y un diodo de retorno correspondiente) que pueden estar dispuestos en la segunda placa de circuito impreso. Las dos superficies conductoras y la superficie de conexión de la segunda superficie de una tercera placa de circuito impreso se pueden conectar, por ejemplo mediante soldadura, en cada caso con un par de componentes electrónicos (que comprenden un IGBT y un diodo de retorno correspondiente) que pueden estar dispuestos en la primera placa de circuito impreso. A este respecto, la superficie de conexión puede servir en cada caso para la conexión del electrodo de puerta de un IGBT.

Ha resultado ser particularmente ventajoso que las placas de circuito están dispuestas sustancialmente apiladas, estando dispuestas las tres terceras placas de circuito, preferentemente adyacentes entre sí, entre la primera placa de circuito y la segunda placa de circuito. Como resultado, se puede lograr un diseño muy compacto de un módulo de electrónica de potencia.

En una forma de realización especialmente preferida puede estar previsto que el módulo de electrónica de potencia esté configurado como puente de alimentación polifásico de alta corriente, en el que sobre la al menos una superficie de la primera placa de circuito impreso y/o las segundas superficies de las tres terceras placas de circuito impreso están colocados, preferentemente soldados, tres transistores, preferentemente IGBT, y tres diodos de retorno, y en el que sobre la al menos una superficie de la segunda placa de circuito impreso y/o las primeras superficies de las tres terceras placas de circuito impreso están colocados, preferentemente soldados, tres transistores, preferentemente IGBT, y tres diodos de retorno.

La soldadura de componentes electrónicos tales como IGBT y diodos de retorno a una placa de circuito impreso propuesta se puede llevar a cabo preferentemente mediante soldadura en fase de vapor. Como resultado, se puede lograr un gradiente de temperatura uniforme en las capas de soldadura de un módulo de electrónica de potencia. En un convertidor apilado, una primera capa de soldadura puede estar dispuesta entre la primera placa de circuito impreso y las tres terceras placas de circuito, y una segunda capa de soldadura puede estar dispuesta entre las tres terceras placas de circuito y la segunda placa de circuito impreso.

Generalmente, se puede aplicar una superficie conductora sobre la superficie de un sustrato mediante diversos procedimientos, tales como procedimientos galvánicos, aerosoles de plasma-metal, o mediante plaqueado (por ejemplo, plaqueado por laminación).

También se desea protección para un procedimiento para la fabricación de una placa de circuito impreso según la reivindicación 15.

Una propiedad química del aluminio es una formación muy rápida de una capa de óxido delgada al contacto con el aire, que se forma por contacto con el oxígeno en la atmósfera como resultado de un procedimiento de oxidación en la superficie de un cuerpo de aluminio. Por un lado, esta capa de óxido ofrece protección contra la corrosión, pero por otro lado hace que sea más difícil unir aluminio con otros materiales mediante soldadura, soldadura fuerte u otras técnicas de unión conocidas.

Para fabricar una placa de circuito impreso propuesta, en particular para producir la al menos una superficie conductora sobre el sustrato, puede estar previsto, por lo tanto, que sobre una superficie del sustrato se aplique al menos por zonas una pasta conductora, en una primera fase de cocción la pasta conductora se expone a una temperatura de cocción que aumenta sustancialmente de forma continua, aumentando la temperatura de cocción hasta una temperatura de cocción máxima predefinible de menos de aproximadamente 660 °C, en una segunda fase de cocción la pasta conductora se expone durante un período predefinible sustancialmente a la temperatura de cocción máxima predefinible, en una fase de enfriamiento se enfría la pasta conductora y, en una fase de tratamiento posterior, una superficie de la pasta conductora se trata posteriormente de manera mecánica, preferentemente se cepilla.

Las zonas en las que se aplica y sinteriza la pasta conductora de acuerdo con las etapas de procedimiento aparecen, para el contacto eléctrico del sustrato, en lugar de la superficie oxidada del sustrato que predomina en esta zona. Esta capa eléctricamente conductora, que se logra al menos por zonas mediante la aplicación y sinterización de la pasta conductora, se puede usar posteriormente, por ejemplo, para soldar un componente electrónico o también para soldar un disipador de calor, pudiendo estar compuesto a su vez el propio disipador de calor de aluminio.

El sustrato puede componerse al menos parcialmente, preferentemente por completo, de un material de aluminio con una proporción de aluminio lo mayor posible. Preferentemente, se utiliza un material de aluminio con la calidad EN AW-1050A o EN AW-1060A según la norma europea EN 573, que contiene al menos el 99,5% en peso o el 99,6% en peso de aluminio. A pesar de las temperaturas *liquidus* algo más bajas y la conductividad térmica más baja en comparación con los materiales de aluminio sustancialmente puros mencionados anteriormente, también es posible usar aleaciones de aluminio, por ejemplo, aleaciones de aluminio que comprenden manganeso o magnesio, por ejemplo EN AW-3003 (AlMn1Cu) EN AW-3103 (AlMn1), EN AW- 5005 (AlMg1) o EN AW-5754 (AlMg3).

El procedimiento de fabricación descrito ofrece la posibilidad de metalizar selectivamente zonas individuales de la superficie de un sustrato a base de aluminio, en el que las zonas metalizadas en forma de una pasta conductora sinterizada se unen directamente al sustrato por unión de materiales y de este modo puede lograrse una alta conductividad eléctrica y una alta conductividad térmica desde la pasta conductora hacia el sustrato y viceversa. Además, las zonas metalizadas constituyen zonas soldables, por medio de las cuales el sustrato se puede conectar de una manera conocida a otros componentes. Por ejemplo, usando soldaduras convencionales tales como soldaduras eutécticas Sn-Pb, Sn-Ag-Cu o Sn-Au, se pueden soldar componentes electrónicos individuales a las zonas metalizadas.

De acuerdo con una forma de realización preferida puede estar previsto que la pasta conductora se aplique a la superficie del sustrato mediante un procedimiento de impresión, preferentemente mediante un procedimiento de serigrafía.

A este respecto, se pueden utilizar pastas conductoras convencionales en forma de pastas de película gruesa o pastas de sinterización. Debido a la porosidad de las pastas de película gruesa, se pueden compensar diferentes dilataciones térmicas de la pasta conductora y el sustrato, por lo que se puede aumentar la fiabilidad de la conexión entre la pasta conductora y el sustrato, en particular en el caso de ciclos térmicos severos, como por ejemplo en el sector de la automoción.

La naturaleza aditiva de la técnica de serigrafía, en la que las capas se construyen sobre un sustrato, además permite prescindir del uso de procedimientos de exposición y grabado para metalizar una superficie del sustrato, lo que conlleva ventajas de costes del procedimiento propuesto.

Una pasta conductora de película gruesa generalmente comprende al menos un polvo metálico como agente eléctricamente conductor, un polvo inorgánico (por ejemplo, fritas de vidrio) como agente de adhesión y aglutinantes y disolventes orgánicos. Los aglutinantes y disolventes orgánicos conducen a una consistencia similar a la pasta con ciertas propiedades reológicas, que también se ven afectadas por los demás componentes de la pasta conductora.

Con respecto al componente del polvo metálico eléctricamente conductor, puede estar previsto preferentemente usar una pasta conductora que comprenda un polvo de cobre. Por supuesto, también es posible usar una pasta conductora que comprenda un polvo de plata y/u oro. Sin embargo, el uso de polvo de cobre es significativamente más barato.

Con respecto al componente del polvo inorgánico, puede estar previsto preferentemente usar una pasta conductora que comprenda un vidrio del sistema PbO-B_2O_3-SiO_2 y/o un vidrio que comprenda Bi_2O_3. Como resultado, se puede lograr una muy buena adhesión de la pasta conductora al sustrato durante el procedimiento de sinterización en el procedimiento propuesto a pesar de las temperaturas de cocción relativamente bajas predominantes.

Después de imprimir una pasta conductora, por ejemplo mediante un procedimiento de serigrafía conocido en el estado de la técnica, la pasta conductora permanece debido a sus propiedades reológicas sustancialmente en las áreas correspondientes, sin fluir apreciablemente. Para preparar de manera óptima la pasta conductora aplicada a la superficie del sustrato para la cocción o sinterización puede estar previsto que la pasta conductora se seque en una fase de secado, antes de la primera fase de cocción, a una temperatura de aproximadamente 80 °C a aproximadamente 200 °C, preferentemente de 100 °C a 150 °C, más preferentemente a como máximo 130 °C, preferentemente durante un período de aproximadamente 5 min a aproximadamente 20 min. Como resultado de esta fase de secado, los disolventes presentes en la pasta conductora se disuelven sustancialmente por completo. Se da preferencia a este respecto a los procedimientos de secado conocidos, tales como el secado por infrarrojos o aire caliente. A través del procedimiento de secado y la disolución asociada de los solventes en la pasta conductora, la pasta conductora sufre una cierta contracción del volumen. Sin embargo, esto puede contrarrestarse de antemano mediante una aplicación correspondientemente más gruesa de la pasta conductora.

La cocción o sinterización de la pasta conductora en la primera y/o segunda fase de cocción del procedimiento propuesto puede realizarse preferentemente en un horno de cocción, reinando la temperatura de cocción en el horno de cocción. Por supuesto, la fase de secado y/o la fase de enfriamiento también pueden tener lugar en el horno de cocción. Preferentemente, se puede usar a este respecto un horno de cocción con un equipo transportador.

En función de la combinación de materiales de sustrato y pasta conductora utilizada, se puede utilizar un perfil de cocción adecuado. Una variante de realización particular prevé que, en la primera fase de cocción, la temperatura de cocción aumente al menos temporalmente en aproximadamente 40 °C/min a aproximadamente 60 °C/min. Además puede estar previsto que, en la primera fase de cocción, la temperatura de cocción aumente hasta una temperatura de cocción máxima de aproximadamente 580 °C, preferentemente aproximadamente 565 °C, de manera especialmente preferente aproximadamente 548 °C.

El calentamiento de la pasta conductora por encima de aproximadamente 400 °C a 450 °C hace que todos los ingredientes orgánicos, como por ejemplo aglutinantes orgánicos, se disuelvan sustancialmente por completo y que los componentes inorgánicos (por ejemplo, polvo de vidrio o fritas de vidrio) se ablanden. Además, el procedimiento de sinterización del polvo metálico comienza a estas temperaturas. Los componentes de vidrio ablandados de la pasta conductora conducen posteriormente a una buena adhesión de la pasta conductora sobre el sustrato.

La temperatura máxima de cocción está básicamente limitada por la temperatura de fusión del aluminio, que es de aproximadamente 660 °C. Si se usa una pasta conductora a base de plata, la temperatura máxima de cocción es preferentemente de aproximadamente 565 °C, y si se usa una pasta conductora a base de cobre, la temperatura máxima de cocción es preferentemente de aproximadamente 548 °C. Estas temperaturas son el resultado de las temperaturas de fusión de eventuales aleaciones eutécticas de aluminio-cobre o aluminio-plata.

Con respecto a la temperatura de cocción máxima respectiva, se seleccionarán componentes de vidrio adecuados para una pasta conductora cuya correspondiente temperatura de transición vítrea (T_G) o temperatura de fusión (T_S) se adapten a esta temperatura máxima de cocción. La temperatura de transición vítrea o la temperatura de fusión del componente de vidrio de la pasta conductora correspondiente, por lo tanto, debe estar correspondientemente por debajo de las temperaturas máximas de cocción especificadas para garantizar una adhesión óptima de la pasta conductora sobre el sustrato. Son particularmente adecuados vidrios del sistema PbO-B_2O_3-SiO_2 o vidrios que comprenden Bi_2O_3.

Ha resultado ser particularmente ventajoso que la cocción de la pasta conductora tenga lugar en la segunda fase de cocción durante aproximadamente 5 minutos hasta aproximadamente 30 minutos. Como resultado, se puede lograr una adhesión óptima de la pasta conductora al sustrato. En principio, cuanto más largo es el periodo de tiempo en la segunda fase de cocción (a la temperatura máxima de cocción), más densa es la sinterización de la pasta conductora y, por lo tanto, tiene mejores propiedades para su procesamiento posterior (por ejemplo, soldadura y soldadura fuerte). Sin embargo, en caso de periodos de tiempo excesivamente largos en la segunda fase de cocción, el tiempo de ciclo en un horno de estufa típico se prolongará correspondientemente, lo que puede afectar negativamente al rendimiento global.

En una variante de realización ventajosa adicional puede estar previsto que, en la segunda fase de cocción, la temperatura máxima de cocción predefinible se mantenga sustancialmente constante.

Preferentemente, también puede estar previsto que la pasta conductora, en la primera fase de cocción y/o la segunda fase de cocción, se exponga a una atmósfera de gas protector que comprenda nitrógeno. Mediante el uso de un gas inerte o gas protector, la oxidación de un cobre contenido, por ejemplo, en la pasta conductora se puede reducir o prevenir. Esto es particularmente ventajoso a altas temperaturas. Una atmósfera de gas protector (por ejemplo, nitrógeno) es ventajosa para la penetración de pastas conductoras de cobre para evitar la oxidación del material de la pista conductora (dependiendo de la fase de cocción, puede estar presente un contenido de oxígeno residual de algunos ppm). Los aglutinantes orgánicos de este material o de la pasta conductora pueden estar concebidos de modo que puedan reducirse bajo una atmósfera de nitrógeno. Para las pastas para pistas conductoras de plata, a su vez, una atmósfera de aire convencional puede ser ventajosa porque no hay en este caso una degradación significativa de la superficie de la pista conductora debido a la oxidación. Los aglutinantes orgánicos utilizados en este caso pueden oxidarse a través del oxígeno atmosférico.

En una realización preferida de la invención puede estar previsto que, en la fase de enfriamiento, la temperatura de cocción se reduzca al menos temporalmente en aproximadamente 20 °C/min a aproximadamente 40 °C/min, preferentemente en aproximadamente 30 °C/min. El enfriamiento se lleva a cabo preferentemente hasta la temperatura ambiente. Cuanto más lento sea el enfriamiento, menores serán los efectos mecánicos de la conexión entre la pasta conductora y el sustrato debido a los diferentes coeficientes de dilatación térmica de los materiales utilizados.

Debido a la oxidación típica de la pasta conductora sinterizada, que tiene lugar durante el procedimiento de cocción o sinterización por las altas temperaturas imperantes, está previsto que la superficie de la pasta conductora después del enfriamiento se trate posteriormente de manera mecánica para facilitar el procesamiento posterior, por ejemplo para posteriores procedimientos de soldadura o soldadura fuerte.

De acuerdo con una forma de realización preferida puede estar previsto que la pasta conductora se aplique con un espesor de aproximadamente 10 µm a aproximadamente 100 µm sobre la superficie del sustrato. Por supuesto, también es posible aplicar pastas conductoras con un espesor de menos de 10 µm o pastas conductoras con un espesor de más de 100 µm sobre la superficie del sustrato. También puede estar previsto que el procedimiento

propuesto se aplique varias veces seguidas para aumentar el espesor total resultante de la pasta conductora. Preferentemente, la al menos una superficie conductora de la placa de circuito impreso propuesta, que puede corresponder a la pasta conductora sinterizada, tiene un espesor de 25 µm a 125 µm, preferentemente de 90 µm a 110 µm.

Se explicarán más detalles y ventajas de la presente invención con referencia a la siguiente descripción de las figuras. A este respecto muestra o muestran:

la Fig. 1 un diagrama de circuito de un módulo de electrónica de potencia configurado como convertidor,
la Fig. 2a una vista en perspectiva de una placa de circuito impreso propuesta,
la Fig. 2b la placa de circuito impreso de la figura 2a con componentes electrónicos dispuestos sobre ella,
la Fig. 3 otra placa de circuito impreso propuesta con componentes electrónicos dispuestos sobre ella,
la Fig. 4 un ejemplo de realización de un módulo de electrónica de potencia propuesto durante el ensamblaje,
la Fig. 5 un módulo de electrónica de potencia propuesto en vista en perspectiva,
la Fig. 6 un módulo de electrónica de potencia según la figura 5 en una vista lateral,
la Fig. 7a una representación en sección conforme a la línea de corte I-I de la Fig. 5,
la Fig. 7b una representación de un detalle de la figura 7a,
la Fig. 8a una representación en sección conforme a la línea de corte II-II de la Fig. 5 y
la Fig. 8b una representación de un detalle de la figura 8a.

La figura 1 muestra un diagrama de bloques de un módulo de electrónica de potencia 2 configurado como convertidor. El módulo de electrónica de potencia 2 comprende seis componentes electrónicos 7 configurados como IG-BT U_B, V_B, W_B, U_L, V_L, W_L y está conectado a una fuente de tensión de CC 9, por ejemplo a una batería. Mediante una electrónica de control 10, los terminales de puerta de los tres transistores de lado alto U_B, V_B, W_B y los tres transistores de lado bajo U_L, V_L, W_L son controlados de una manera conocida, de modo que la tensión de CC de la fuente de tensión de CC 9 es convertida por el módulo de electrónica de potencia 2 en tensiones de CA trifásicas y alimentada a un motor trifásico 11. Cada uno de los seis IGBT se puede conectar adicionalmente en cada caso a un diodo de retorno correspondiente. Para mayor claridad, estos diodos de retorno no se muestran en esta representación.

La figura 2a muestra una placa de circuito impreso 1b de un módulo de electrónica de potencia 2 según la figura 1 configurado como convertidor. La placa de circuito impreso 1b comprende un sustrato 3 eléctricamente conductor en forma de una placa de aluminio cuyas superficies 3a, 3b están configuradas sustancialmente planas. La placa de circuito impreso 1b puede ser, por ejemplo, la barra conductora positiva del convertidor, que ha de conectarse por medio del elemento de conexión 12 con el polo positivo de una fuente de tensión de CC 9. La superficie 3a de la placa de circuito impreso 1b presenta tres superficies conductoras 4a para disponer los IGBT sobre ella y tres superficies conductoras 4b para disponer los diodos de retorno sobre ella. Las superficies conductoras 4a, 4b están rodeadas o enmarcadas por una superficie aislante 5. Tanto las superficies conductoras 4a, 4b como la superficie aislante 5 se pueden aplicar a la superficie 3a del sustrato 3 en forma de pastas de película gruesa correspondientes mediante tecnología de serigrafía y, por ejemplo, cocerse o sinterizarse en un horno de cocción. Para poder suministrar a los terminales de puerta de los IGBT las señales de control correspondientes, hay dispuestas adicionalmente correspondientes superficies de conexión 6 sobre la superficie aislante 5.

La figura 2b muestra la placa de circuito impreso 1b de la figura 2a con IGBT 7 dispuestos sobre las superficies conductoras 4a y con diodos de retorno 8 dispuestos sobre las superficies conductoras 4b. Los terminales de puerta de los IGBT 7 están conectados a las superficies de conexión 6.

La figura 3 muestra otra placa de circuito impreso 1a similar a la de la figura 2a, pero sin terminales de puerta ni superficies de conexión 6, con IGBT 7 dispuestos sobre las superficies conductoras 4a y con diodos de retorno 8 dispuestos sobre las superficies conductoras 4b. Los componentes electrónicos 7, 8 están soldados, por ejemplo, mediante soldadura en fase de vapor, a las superficies conductoras 4a, 4b correspondientes.

La figura 4 muestra un ejemplo de realización de un módulo de electrónica de potencia 2 según la figura 1, en el que el módulo de electrónica de potencia 2 comprende una primera placa de circuito impreso 1a, una segunda placa de circuito impreso 1b y tres terceras placas de circuito impreso 1c. La primera placa de circuito impreso 1a corresponde, a este respecto, a la placa de circuito impreso 1a según la figura 3 y la segunda placa de circuito impreso 1b corresponde, a este respecto, a la placa de circuito impreso 1b según la figura 2a. Por medio del elemento de conexión 12 del sustrato 3 de la primera placa de circuito impreso 1a, la primera placa de circuito 1a puede conectarse, por ejemplo, al polo negativo de una fuente de tensión de CC 9, por lo que el sustrato 3 de la primera placa de circuito impreso 1a está realizado como barra conductora negativa. La segunda placa de circuito 1b se puede conectar por medio del elemento de conexión 12 de su sustrato 3, por ejemplo, al polo positivo de una fuente de tensión de CC 9, por lo que el sustrato 3 de la segunda placa de circuito 1b está realizado como barra conductora positiva.

Las tres terceras placas de circuito impreso 1c comprenden en cada caso un sustrato 3 eléctricamente conductor en forma de una placa de aluminio cuyas superficies 3a, 3b están configuradas sustancialmente planas. En cada primera superficie 3a del sustrato 3 de una tercera placa de circuito impreso 1c están dispuestas en cada caso una superficie

conductora 4a eléctricamente conductora para conectar un IGBT a la misma y una superficie conductora 4b eléctricamente conductora para conectar un diodo de retorno a la misma. Sobre cada una de las segundas superficies 3b de un sustrato 3 de una tercera placa de circuito impreso 1c, además de las superficies conductoras 4a, 4b eléctricamente conductoras, está dispuesta una superficie aislante 5 de manera correspondiente a la primera superficie 3a respectiva, sobre la cual está dispuesta una superficie de conexión 6 eléctricamente conductora para la conexión de un electrodo de puerta de un IGBT. Cada sustrato 3 de las tres terceras placas de circuito impreso 1c presenta un elemento de conexión 12 con el que cada una de las tres terceras placas de circuito impreso 1c se conectará a una fase de un motor trifásico 11.

Como se muestra en la figura 4, para ensamblar el módulo de electrónica de potencia 2, las placas de circuito impreso 1a, 1b, 1c se apilan verticalmente unas sobre otras de manera que las tres terceras placas de circuito 1c, adyacentes entre sí, se disponen entre la primera placa de circuito impreso 1a y la segunda placa de circuito impreso 1b. Entre la primera placa de circuito impreso 1a y las tres terceras placas de circuito impreso 1c hay tres IGBT 7 y tres diodos de retorno 8, que pueden soldarse a las superficies conductoras 4a, 4b respectivas de las placas de circuito impreso 1a, 1c. También ubicados entre las tres terceras placas de circuito impreso 1c y la segunda placa de circuito impreso 1b hay nuevamente tres IGBT 7 y tres diodos de retorno 8, que se pueden soldar a las superficies conductoras 4a, 4b respectivas de las primeras superficies 3a de las terceras placas de circuito impreso 1c y a la primera superficie 3a de la segunda placa de circuito impreso 1b. Los terminales de puerta de los tres IGBT 7 entre la primera placa de circuito 1a y las tres terceras placas de circuito impreso 1c pueden contactarse a través de las superficies de conexión 6 en las segundas superficies 3b de las terceras placas de circuito impreso 1c y los terminales de puerta de los IGBT 7 entre las tres terceras placas de circuito impreso 1c y la segunda placa de circuito impreso 1b pueden contactarse a través de las superficies de conexión 6 de la primera superficie 3a de la segunda placa de circuito impreso 1b.

La figura 5 muestra un módulo de electrónica de potencia 2 según la figura 4, completamente ensamblado, con la diferencia de que una superficie aislante 5 en forma de una capa dieléctrica aplicada mediante un procedimiento de serigrafía está dispuesta en cada caso sobre ambas superficies 3a, 3b de las tres terceras placas de circuito impreso 1c, rodeando la superficie aislante 5 respectiva de una superficie 3a, 3b las superficies conductoras 4a, 4b respectivas. Aquí, en particular, se puede ver el apilamiento vertical de las placas de circuito impreso 1a, 1b, 1c y el diseño compacto así obtenido del módulo de electrónica de potencia 2.

La figura 6 muestra el módulo de electrónica de potencia 2 de la figura 5 en una vista lateral. Los elementos de conexión 12 de los sustratos 3 de las placas de circuito impreso 1a, 1b, 1c forman así los puntos de conexión a otros componentes (véase la figura 1). El elemento de conexión 12 de la primera placa de circuito impreso 1a puede conectarse, a este respecto, al polo negativo y el elemento de conexión 12 de la segunda placa de circuito impreso 1b puede conectarse al polo positivo de una fuente de tensión de CC 9. Los elementos de conexión 12 de las tres terceras placas de circuito impreso 1c pueden conectarse a los terminales de fase correspondientes de un motor trifásico 11.

La figura 7a muestra una representación en sección del módulo de electrónica de potencia 2 de la figura 5 conforme a la línea de corte I-I, y la figura 7b muestra el área B marcada con un círculo de la figura 7a en una vista ampliada. La vista ampliada de la figura 7b muestra un IGBT 7, que está dispuesto entre la primera placa de circuito impreso 1a y una de las tres terceras placas de circuito impreso 1c del módulo de electrónica de potencia 2. El IGBT 7 se suelda tanto a la superficie conductora 4a en la superficie 3a de la primera placa de circuito impreso 1a como a la superficie conductora 4a en la superficie 3b de la tercera placa de circuito impreso 1c, por ejemplo mediante soldadura en fase de vapor. El número de referencia 13 indica la soldadura utilizada en cada caso. Las superficies conductoras 4a y también las superficies conductoras 4b, no visibles aquí, sobre la superficie 3a de la primera placa de circuito impreso 1a y sobre la superficie 3b de la tercera placa de circuito impreso 1c están rodeadas por una superficie aislante 5 dieléctrica.

La figura 8a muestra una representación en sección del módulo de electrónica de potencia 2 de la figura 5 conforme a la línea de corte II-II, y la figura 8b muestra el área C marcada con un círculo C de la figura 8a en una vista ampliada. En comparación con la representación del detalle según la figura 7b, en la vista ampliada de la figura 8b se puede ver un IGBT 7 que está dispuesto entre la segunda placa de circuito impreso 1b y una de las tres terceras placas de circuito impreso 1c del módulo de electrónica de potencia 2. Las superficies conductoras 4a, 4b sobre la superficie 3a de la segunda placa de circuito impreso 1b y sobre la superficie 3a de la tercera placa de circuito impreso 1c están rodeadas por una superficie aislante 5 dieléctrica. El corte mostrado conforme a la línea de corte II-II de la figura 5 se encuentra en la región del terminal de puerta del IGBT 7. Para poder controlar eléctricamente la puerta del IGBT 7, una superficie de conexión 6 en forma de una capa eléctricamente conductora está dispuesta sobre la superficie aislante 5 sobre la superficie 3a de la segunda placa de circuito impreso 1b. El número de referencia 13 indica nuevamente en cada caso la soldadura que se ha utilizado para soldar el IGBT 7 a la superficie conductora 4a de la tercera placa de circuito impreso 1c y a la superficie del terminal 6 de la segunda placa de circuito impreso 1b.

En un módulo de electrónica de potencia 2 propuesto con placas de circuito impreso 1a, 1b, 1c propuestas, los componentes electrónicos 7, 8 pueden soldarse directamente a los sustratos 3 de las placas de circuito impreso 1a, 1b, 1c gracias a la previsión de superficies conductoras soldables 4a, 4b eléctricamente conductoras. Como resultado, se puede prescindir de otras técnicas de conexión convencionales, como, por ejemplo, la unión por hilo. La colocación adicional de una superficie aislante 5 hace posible disponer las placas de circuito impreso 1a, 1b, 1c muy compactas, por ejemplo, apilarlas verticalmente, sin sacrificar la rigidez dieléctrica. En el caso de un diseño apilado, la distancia

entre dos substratos 3 que transportan corriente o tensión de las placas de circuito impreso 1a, 1b, 1c puede, por lo tanto, reducirse al grosor de los componentes electrónicos 7, 8 (por ejemplo, 250 µm de un IGBT 7 convencional) así como al grosor de las superficies conductoras 4a, 4b (p. ej. 100 µm). En un módulo de electrónica de potencia 2 configurado como convertidor se puede lograr una inductancia reducida del módulo de electrónica de potencia 2 mediante una distancia reducida entre los transistores de lado alto y los transistores de lado bajo, y así se puede aumentar la eficiencia del módulo de electrónica de potencia 2.

En la fabricación de un módulo de electrónica de potencia puede estar previsto que las superficies conductoras 4a, 4b y las superficies de conexión 6 de una placa de circuito impreso 1a, 1b, 1c se cuezan o sintericen juntas.

En una forma de realización particularmente preferida puede estar previsto que todo el módulo de electrónica de potencia 2, preferentemente apilado, se complete en una etapa de trabajo soldando los componentes 7, 8 (véase la figura 4) dispuestos entre las placas de circuito impreso 1a, 1b, 1c respectivas en una etapa de trabajo a las respectivas superficies conductoras 4a, 4b y superficies de conexión 6 (por ejemplo, mediante soldadura en fase de vapor). Por supuesto, también puede estar previsto llevar a cabo el ensamblaje de las placas de circuito 1a, 1b, 1c en varias etapas. Por ejemplo, los componentes electrónicos 7, 8 se pueden soldar cada uno a la primera placa de circuito impreso 1a y a la segunda placa de circuito impreso 1b, y, en una etapa adicional, los componentes electrónicos 7, 8 se pueden soldar a las correspondientes superficies conductoras 4a, 4b y superficies de conexión 6 de las terceras placas de circuito impreso 1c. En este caso, las superficies aislantes 5 de las placas de circuito impreso 1a, 1b, 1c también pueden actuar como máscaras de soldadura, que mantienen los componentes electrónicos 7, 8 en las posiciones deseadas durante una operación de soldadura.

Una pasta de soldadura que ha de ser dispuesta sobre las superficies conductoras 4a, 4b generalmente también se puede usar para alinear mejor los sustratos 3 de las placas de circuito impreso 1a, 1b, 1c, por ejemplo, aplicando capas de diferentes espesores de pastas de soldadura sobre las superficies conductoras 4a, 4b. En general, en lugar de pasta de soldadura también se pueden usar preformas de soldadura.

También se pueden usar para soldar soldaduras con diferentes puntos de fusión. Por ejemplo, se puede usar una soldadura SnAgCu que tiene una temperatura *liquidus* de aproximadamente 220 °C y una soldadura de alto contenido en plomo que tiene una temperatura *liquidus* de aproximadamente 300 °C. Como resultado, por ejemplo, en primer lugar los componentes electrónicos con sus primeros lados pueden soldarse y fijarse a las superficies conductoras de un sustrato con la soldadura de alto contenido en plomo y, en una etapa posterior, los componentes electrónicos con sus segundos lados pueden soldarse con la soldadura SnAgCu a las superficies conductoras de otro sustrato. Por lo tanto, los componentes se pueden mantener así de manera fiable en posición.

Con la placa de circuito impreso propuesta, generalmente se puede proporcionar un sustrato que, además de una función de disipación de calor, también asuma la función de un conductor eléctrico. Al colocar superficies conductoras eléctricamente conductoras y superficies aislantes dieléctricas sobre el sustrato de una placa de circuito impreso propuesta, por un lado, los componentes electrónicos se pueden soldar fácilmente al sustrato y, por lo tanto, se pueden contactar eléctricamente y, por otro lado, se pueden lograr diseños compactos de módulos electrónicos de potencia, por ejemplo mediante apilado vertical. Las superficies aislantes pueden reducir las distancias entre las partes que transportan tensión y, por lo tanto, reducir la inductancia de un módulo de electrónica de potencia. Además, con el uso de aluminio como material para los sustratos se puede lograr un enfriamiento directo de un módulo de electrónica de potencia por ambos lados, lo que permite densidades de corriente más altas. Al prever uniones de soldadura se puede prescindir de otras técnicas de unión, como la unión por hilo, lo que aumenta la fiabilidad de las conexiones de componentes. Si se utiliza la tecnología de película de capa gruesa para la producción de superficies conductoras sobre el sustrato de una placa de circuito impreso propuesta, la resistencia térmica entre un componente electrónico dispuesto sobre el sustrato y el sustrato que actúa como disipador de calor puede reducirse además mediante el ensamblaje directo de los componentes sobre el sustrato que resulta posible de ese modo. Además, debido a la alta porosidad de una pasta conductora de cobre sinterizada a temperaturas relativamente bajas, se puede reducir la tensión mecánica en una capa de soldadura entre una superficie conductora y un componente electrónico dispuesto sobre ella. Esto conduce en particular a una mayor estabilidad del ciclo de temperatura y a una mayor vida útil.

REIVINDICACIONES

1. Placa de circuito impreso (1a, 1b, 1c), en particular para un módulo de electrónica de potencia (2), que comprende un sustrato eléctricamente conductor (3) con un elemento de conexión (12) para conectar la placa de circuito impreso (1a, 1b, 1c) a una fuente de tensión de CC o a un motor trifásico, en la que el sustrato (3) se compone al menos parcialmente, preferentemente por completo, de aluminio y/o una aleación de aluminio, **caracterizada porque** sobre al menos una superficie (3a, 3b) del sustrato eléctricamente conductor (3) está dispuesta al menos una superficie conductora (4a, 4b) en forma de una capa eléctricamente conductora, preferentemente aplicada mediante un procedimiento de impresión, de manera especialmente preferente mediante un procedimiento de serigrafía, estando la superficie conductora (4a, 4b) en contacto eléctrico directamente con el sustrato eléctricamente conductor (3).

2. Placa de circuito impreso según la reivindicación 1, **caracterizada porque** la al menos una superficie (3a, 3b) del sustrato eléctricamente conductor (3) está configurada sustancialmente plana.

3. Placa de circuito impreso según las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizada porque** la superficie conductora (4a, 4b) se compone sustancialmente de cobre.

4. Placa de circuito impreso según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizada porque** la superficie conductora (4a, 4b) comprende un vidrio del sistema PbO-B_2O_3-SiO_2 y/o un vidrio que comprende Bi_2O_3.

5. Placa de circuito impreso según una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizada porque** la superficie conductora (4a, 4b) tiene un espesor de 25 µm a 125 µm, preferentemente de 90 µm a 110 µm.

6. Placa de circuito impreso según una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizada porque** sobre la al menos una superficie (3a, 3b) del sustrato eléctricamente conductor (3) está dispuesta al menos una superficie aislante (5) en forma de una capa dieléctrica, aplicada preferentemente mediante un procedimiento de impresión, de manera especialmente preferente mediante un procedimiento de serigrafía, limitando preferentemente la al menos una superficie aislante (5) al menos parcialmente con la al menos una superficie conductora (4a, 4b), preferentemente rodeando la al menos una superficie conductora (4a, 4b).

7. Placa de circuito impreso según la reivindicación 6, **caracterizada porque** sobre la al menos una superficie aislante (5) está dispuesta al menos una superficie de conexión (6) en forma de una capa eléctricamente conductora.

8. Placa de circuito impreso según una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizada porque** sobre la al menos una superficie (3a, 3b) del sustrato eléctricamente conductor (3) están dispuestas una pluralidad de superficies conductoras (4a, 4b), preferentemente seis superficies conductoras (4a, 4b), estando rodeadas preferentemente las superficies conductoras (4a, 4b) por una superficie aislante (5).

9. Placa de circuito impreso según la reivindicación 8, **caracterizada porque** sobre la superficie aislante (5) están dispuestas una pluralidad de superficies de conexión (6), preferentemente tres superficies de conexión (6).

10. Placa de circuito impreso según una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizada porque** sobre una primera superficie (3a) del sustrato eléctricamente conductor (3) están dispuestas una pluralidad de superficies conductoras (4a, 4b), preferentemente dos superficies conductoras (4a, 4b), y porque sobre una segunda superficie (3b) del sustrato (3) eléctricamente conductor están dispuestas una pluralidad de superficies conductoras (4a, 4b), preferentemente dos superficies conductoras (4a, 4b), así como al menos una superficie aislante (5), estando dispuesta una superficie de conexión (6) sobre la al menos una superficie aislante (5).

11. Módulo de electrónica de potencia (2) que comprende al menos una placa de circuito impreso (1a, 1b, 1c) según una de las reivindicaciones 1 a 10.

12. Módulo de electrónica de potencia según la reivindicación 11, **caracterizado porque** el módulo de electrónica de potencia (2) comprende una primera placa de circuito impreso (1a) según la reivindicación 8, una segunda placa de circuito impreso (1b) según la reivindicación 9 y tres terceras placas de circuito impreso (1c) según la reivindicación 10.

13. Módulo de electrónica de potencia según la reivindicación 12, **caracterizado porque** las placas de circuito impreso (1a, 1b, 1c) están dispuestas sustancialmente apiladas, estando dispuestas las tres terceras placas de circuito impreso (1c), preferentemente adyacentes entre sí, entre la primera placa de circuito impreso (1a) y la segunda placa de circuito impreso (1b).

14. Módulo de electrónica de potencia según las reivindicaciones 12 o 13, **caracterizado porque** el módulo de electrónica de potencia (2) está configurado como puente de alimentación polifásico de alta tensión, en donde sobre la al menos una superficie (3a) de la primera placa de circuito impreso (1a) y/o las segundas superficies (3b) de las tres terceras placas de circuito impreso (1c) están dispuestos, preferentemente soldados, tres transistores, preferentemente IGBT, y tres diodos de retorno, y en donde sobre la al menos una superficie (3a) de la segunda placa de circuito impreso (1b) y/o las primeras superficies (3a) de las tres terceras placas de circuito impreso (1c) están dispuestos, preferentemente soldados, tres transistores, preferentemente IGBT, y tres diodos de retorno.

15. Procedimiento para fabricar una placa de circuito impreso (1a, 1b, 1c) según una de las reivindicaciones 1 a 10, **caracterizado porque** sobre una superficie (3a, 3b) del sustrato (3) se aplica al menos por zonas una pasta conductora, en una primera fase de cocción la pasta conductora se expone a una temperatura de cocción que aumenta sustancialmente de manera continua, aumentando la temperatura de cocción hasta una temperatura de cocción máxima predefinible inferior a aproximadamente 660 °C, en una segunda fase de cocción la pasta conductora se expone durante un período predefinible sustancialmente a la temperatura de cocción máxima predefinible, en una fase de enfriamiento la pasta conductora se enfría y en una fase de tratamiento posterior una superficie de la pasta conductora es tratada posteriormente de manera mecánica, preferentemente cepillada.

Fig. 1

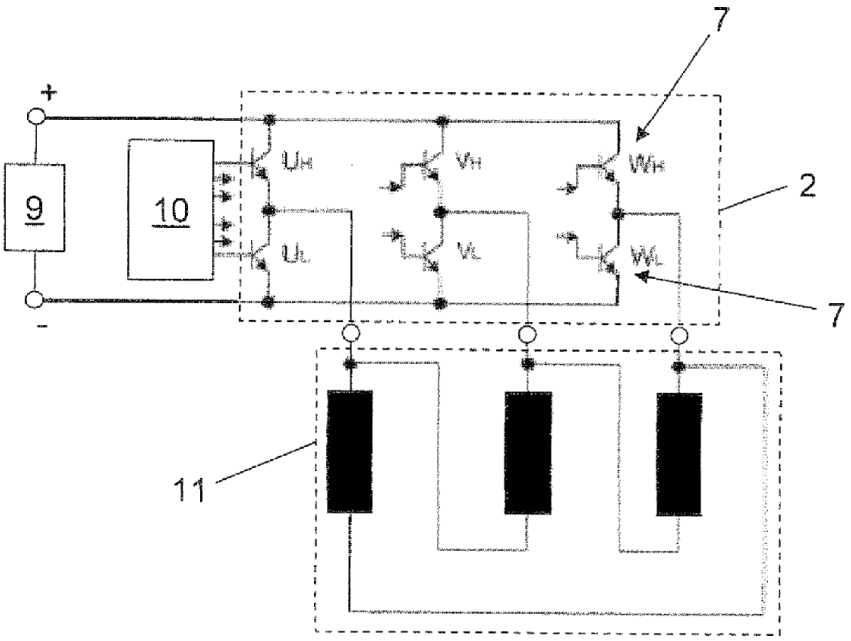

Fig. 4

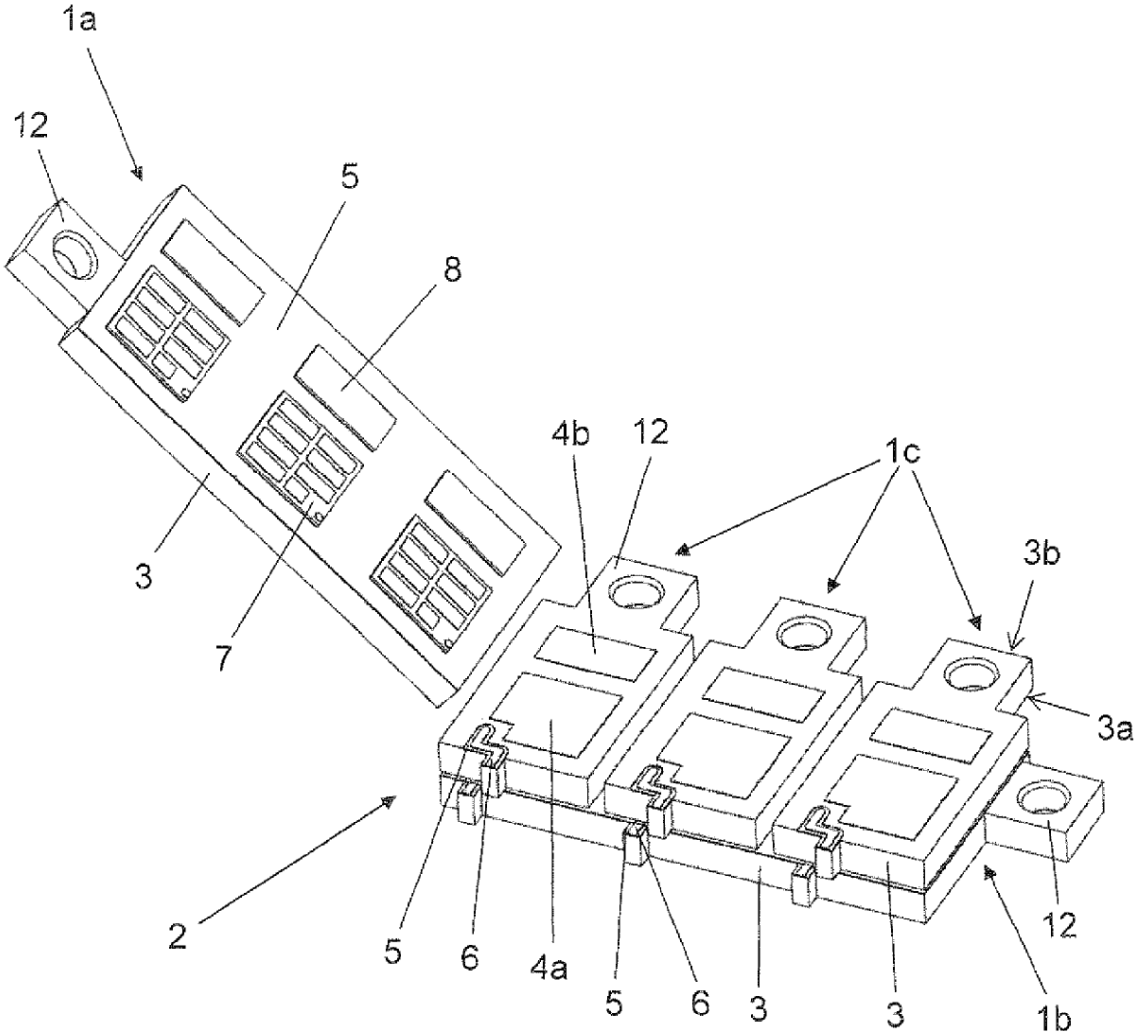

Fig. 3

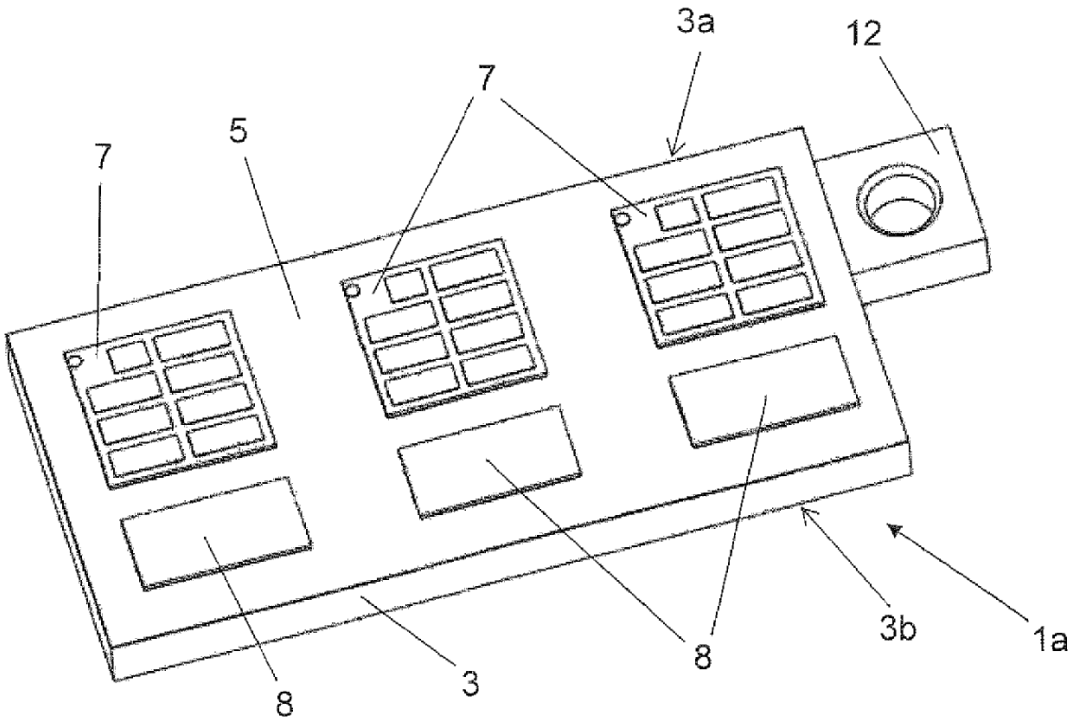

Fig. 2a

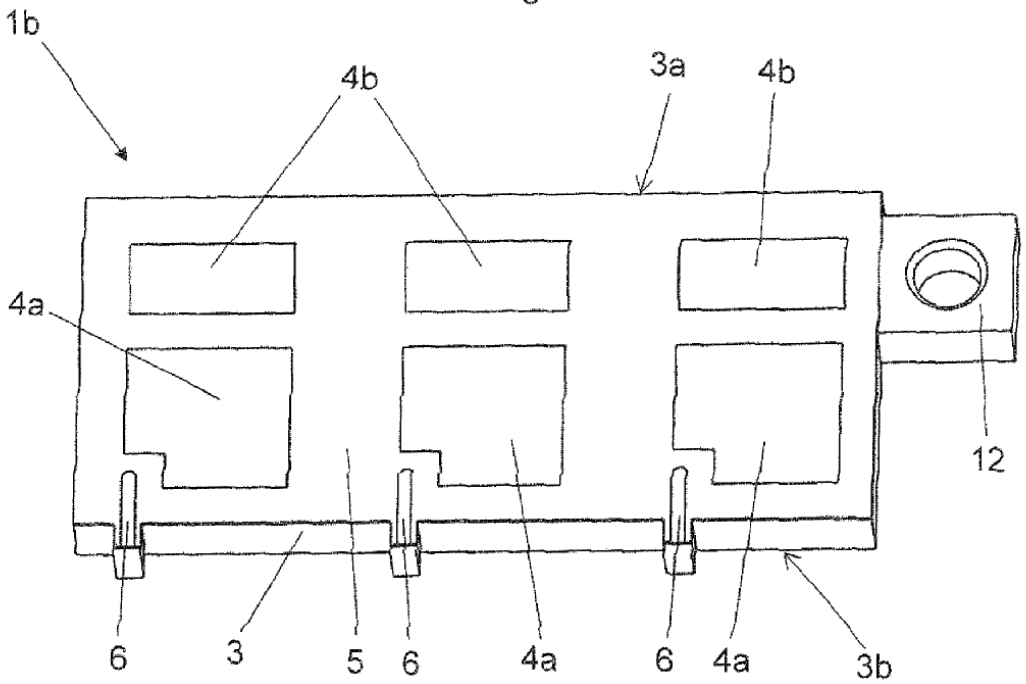

Fig. 2b

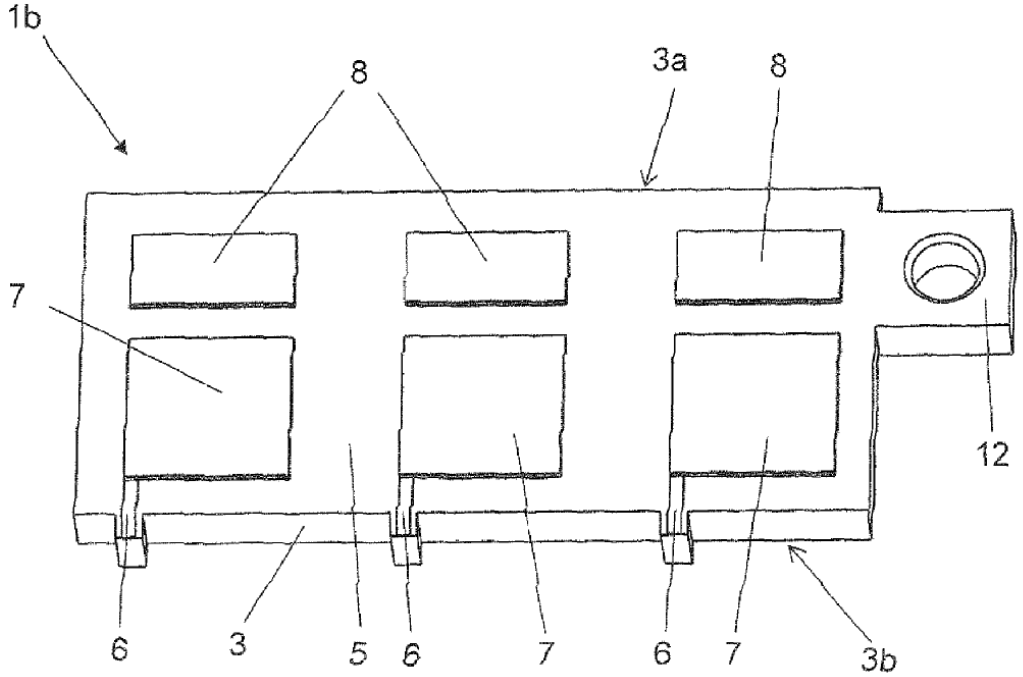

Fig. 5

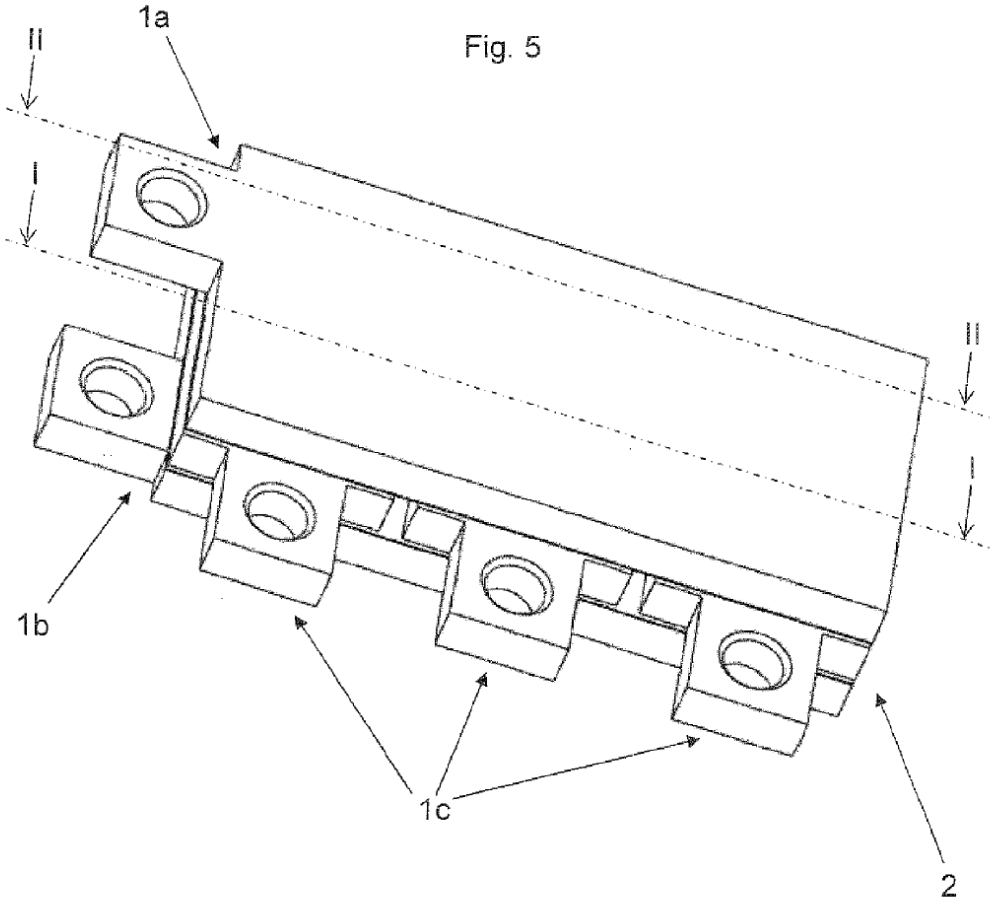

Fig. 6

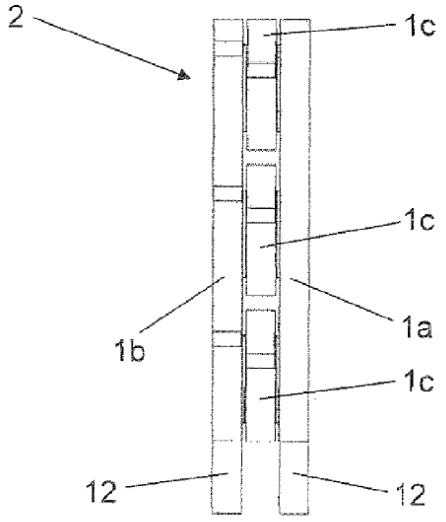

Fig. 7a

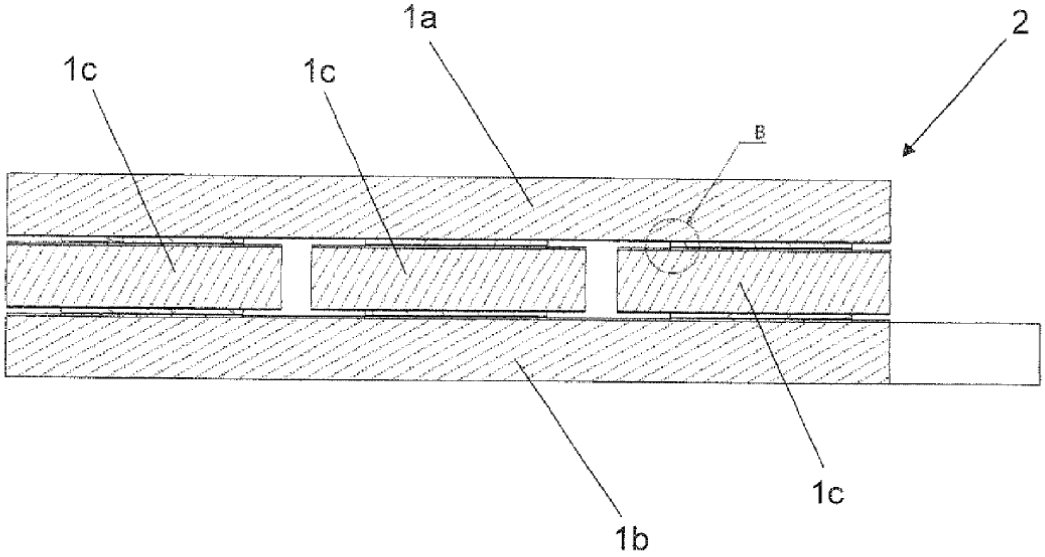

Fig. 7b

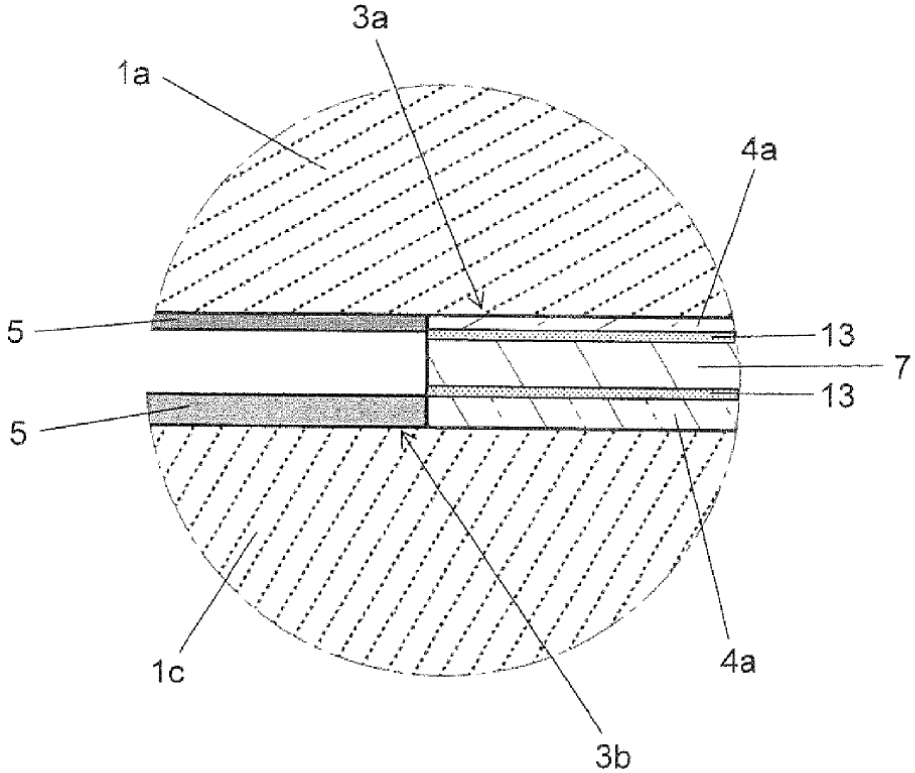

Fig. 8a

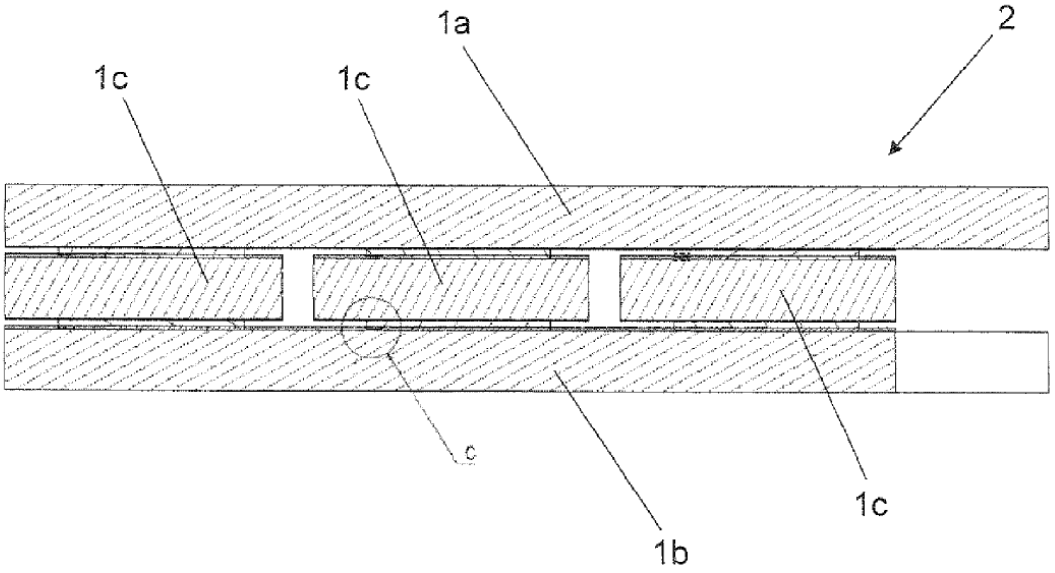
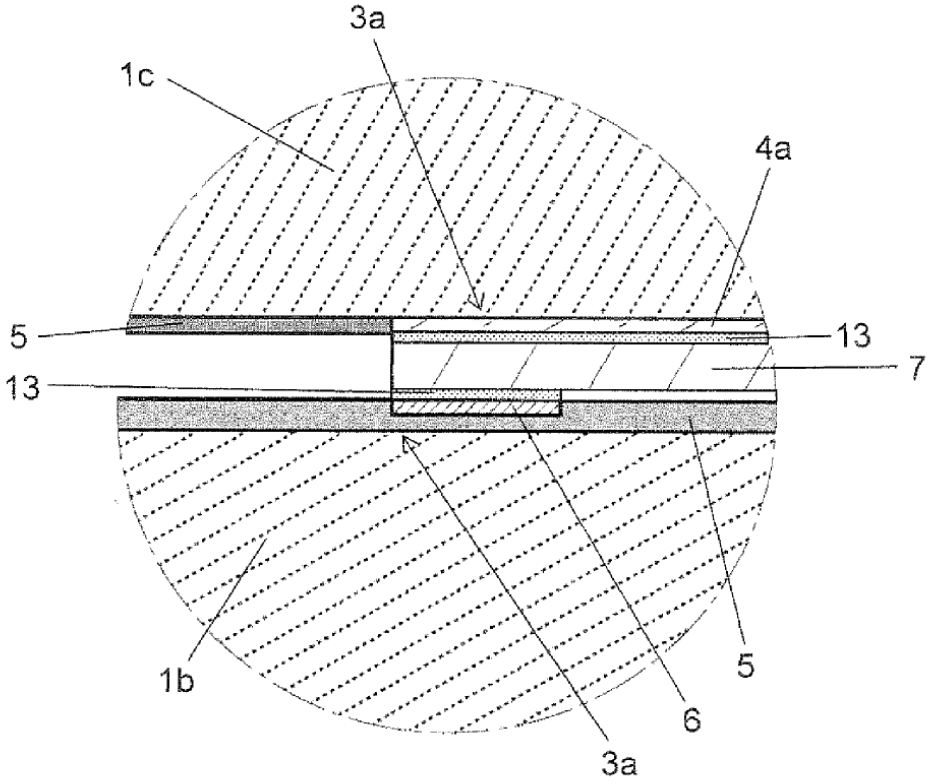
Fig. 8b