



①9



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

①1 Número de publicación: **2 270 928**

⑤1 Int. Cl.:
H02M 7/00 (2006.01)
H05K 9/00 (2006.01)

①2

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

⑧6 Número de solicitud europea: **01115975 .3**
⑧6 Fecha de presentación : **30.06.2001**
⑧7 Número de publicación de la solicitud: **1178595**
⑧7 Fecha de publicación de la solicitud: **06.02.2002**

⑤4 Título: **Disposición de circuito de baja inductancia.**

③0 Prioridad: **01.08.2000 DE 100 37 533**

④5 Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.04.2007

④5 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.04.2007

⑦3 Titular/es: **SEMIKRON Elektronik GmbH & Co. KG.**
Sigmundstrasse 200
90431 Nürnberg, DE

⑦2 Inventor/es: **Mourick, Paul**

⑦4 Agente: **Isern Jara, Jorge**

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

Disposición de circuito de baja inductancia.

El presente invento describe una disposición de circuito, en particular en forma de rectificadores de la clase de potencia, según el concepto general de la reivindicación 1, la cual presenta un diseño que también es adecuado para construcciones de contacto por presión. Para los rectificadores de clase de potencia se prefiere la utilización de conmutadores semiconductores de conmutación rápida y de poca pérdida. Por este motivo, son especialmente apropiadas las disposiciones de circuitos con transistores MOSFET o transistores bipolares de puerta aislada (o IGBT por sus siglas en inglés) y con diodos de rueda libre conectados a éstos en antiparalelo. Este tipo de disposiciones de circuito y los rectificadores de corriente montados en éstas deben estar diseñados para que presenten una inductancia baja con el objetivo de evitar la aparición de picos de tensión, especialmente durante procesos de desconexión. Esto significa que las inductancias de dispersión en el circuito intermedio, en los conductores de conexión y en la superficie de sustrato de la disposición de circuito deben ser bajas. Una inductancia de dispersión de unos 20 nH en un MOSFET de voltaje bajo ya puede provocar picos de tensión que pueden destruir los conmutadores semiconductores.

Según el estado actual de la técnica, los conmutadores individuales y los módulos de semiconductores de potencia se cuentan entre los dispositivos utilizados para reducir inductancias parásitas, como ya se describe en los documentos EP 0.277.546, DE 39.37.045 o EP 0.609.528.

En EP 0.277.546 se describe un procedimiento de reducción de inductancias parásitas para conmutadores individuales en líneas de corriente continua. Para ello se sitúan ambas líneas de corriente continua muy próximas entre sí y, como mínimo, parcialmente en paralelo. Esto crea una pequeña superficie rodeada por corriente en la zona en la que las líneas están próximas y, con ello, una inductancia baja en dichas secciones de las líneas.

En DE 39.37.045 se describe un procedimiento de reducción de inductancias parásitas para rectificadores de media onda en líneas de corriente continua. Para ello se sitúan ambas líneas de corriente continua muy próximas entre sí, siempre con la línea de corriente alterna entre la línea positiva y la línea negativa, y parcialmente en paralelo. Esto crea también una disminución de la superficie rodeada por corriente en la zona en la que las líneas están próximas y, con ello, una inductancia relativamente pequeña en dichas secciones de las líneas.

En EP 0.609.528 también se describe un procedimiento de reducción de inductancias parásitas para un conmutador individual en las líneas de corriente continua, las cuales se disponen en paralelo y muy próximas entre sí. En este caso, además, los componentes del semiconductor se colocan simétricos sobre el sustrato.

Según el estado actual de la técnica, también es posible utilizar módulos de semiconductores de potencia de contacto por presión, tal y como se describe, por ejemplo, en DE 196.30.173 y DE 593.06.387. Esta clase de módulos de semiconductores de potencia están compuestos por sustratos cerámicos con superficies de contacto aplicadas sobre las que se disponen componentes de semiconductores. Estos compo-

nentes de semiconductores están unidos a las superficies de contacto por soldadura y presentan uniones de enlace con otros componentes de semiconductores y otras superficies de contacto que se encuentran sobre el sustrato aisladas de la primera superficie de contacto. El contacto por presión se refiere aquí a dos clases de contacto. Por un lado, el contacto eléctrico de los conductores de conexión con las superficies de contacto del sustrato correspondientes y, por otro, el contacto térmico del sustrato, o de todo el módulo, con un cuerpo refrigerante. En este tipo de contacto se emplean, por ejemplo, elementos transmisores de la presión hechos de plástico, los cuales ejercen una presión, que actúa desde fuera hacia el módulo, sobre los elementos de conexión y/o el sustrato para crear un contacto eléctrico o térmico seguro.

Todos los inventos clasificables como disposiciones de circuitos de inductancia baja según el estado de la técnica tienen en común que consiguen una cierta disminución de las inductancias parásitas exclusivamente en zonas parciales del sistema global de circuito intermedio-inversores. Los valores de conductividad global alcanzables para este sistema global son en la actualidad superiores a 20 nH en el mejor de los casos.

En el documento EP 0.277.546 los transistores que forman el conmutador individual están situados muy próximos entre sí, sin embargo la corriente puede fluir por la disposición de circuito sobre vías distintas, en especial sobre vías de longitudes distintas. De ahí se originan superficies distintas rodeadas de corriente y también distintas inductancias para las distintas vías de conducción. El montaje de un rectificador de media onda con conmutadores individuales de este tipo en ningún caso puede ser de inductancia baja debido a la necesidad de conexiones externas. La suma de estas propiedades genera una cierta reducción de las inductancias parásitas del sistema global de circuito intermedio-inversores. Sin embargo, con ello no se cumplen todos los requisitos de reducción de inductancias parásitas.

En DE 39.37.045 el objetivo de obtener una inductancia parásita mínima falla por dos motivos fundamentales. En primer lugar, los conductores de conexión de corriente continua no presentan una separación mínima entre sí, ya que aquí el conductor de conexión de corriente alterna se encuentra entre los dos conductores de conexión de corriente continua. Por este motivo, la superficie rodeada por la corriente en la zona de los conductores de conexión de corriente continua no es mínima y de ahí que las inductancias de esas zonas tampoco lo sean. En segundo lugar, los transistores de potencia del primer y del segundo conmutador de potencia están bastante alejados entre sí, algo que también aumenta la inductancia parásita.

El presente invento se basa en el objetivo de optimizar las inductancias parásitas de una disposición de circuito tanto en la zona de la línea de conexión como en la zona de los componentes de semiconductores, montados sobre un sustrato aislado eléctricamente, de tal modo que la inductancia global de dicha disposición sea del orden de 1 nH o inferior, es decir, de una magnitud inferior a la del estado de la técnica actual.

Este objetivo se soluciona minimizando la superficie rodeada por corriente en toda la disposición de circuito, desde la conexión positiva hasta la conexión negativa del circuito intermedio mediante las siguientes medidas: los conmutadores de potencia primeros

y segundos se colocan sobre el sustrato ocupando posiciones muy próximas entre sí; los conmutadores de potencia primeros y segundos están situados en serie, por lo que la unión entre ellos es lo más corta posible; los transistores de potencia, que conforman los conmutadores de potencia primeros y segundos, así como los posibles diodos de rueda libre también están colocados en serie y próximos entre sí; las líneas de las conexiones positiva y negativa están configuradas como bandas; las líneas de las conexiones positiva y negativa presentan un recorrido paralelo hasta aproximarse al sustrato; las líneas de las conexiones positiva y negativa se encuentran muy próximas entre sí, separadas únicamente por una capa aislante; una sección de la banda de conexión de al menos una de las dos conexiones de corriente continua está dispuesta cerca del sustrato paralela a éste y se encuentra a una distancia mínima sobre los transistores de potencia; dicha sección de al menos una de las conexiones de corriente continua dispuesta en paralelo al sustrato está provista de nervios, los cuales se extienden hacia abajo en la zona comprendida entre los transistores de potencia de los conmutadores de potencia hasta la placa base y están separados de ésta únicamente por una capa necesaria para el aislamiento; mediante la disposición descrita, los nervios también pueden funcionar como contacto por presión del sustrato con el cuerpo refrigerante sustituyendo así al menos parcialmente a elementos de presión según el estado actual de la técnica.

Gracias a estas medidas se reduce la inductancia tanto en el plano del sustrato como en todos los planos perpendiculares a éste definidos por los conductores de conexión.

A continuación se describe con mayor detalle el invento con la ayuda de un ejemplo de realización en relación con las figuras de la 1 a la 7. En las reivindicaciones de la 1 a la 7 se presentan configuraciones especiales. Las figuras muestran:

La figura 1 muestra esquemáticamente un rectificador de media onda según el estado de la técnica y la zona de éste rodeada por corriente;

La figura 2 muestra un rectificador de media onda según la figura 1 con varios transistores de potencia, así como la zona máxima de esta disposición rodeada por corriente;

La figura 3 muestra una estructura del sustrato y de los conmutadores de potencia de un rectificador de onda media según el estado de la técnica, así como la zona máxima de dicha disposición rodeada por corriente;

La figura 4 muestra una sección de una disposición de circuito según el presente invento;

La figura 5 muestra la zona de los conductores de conexión rodeada por corriente según el estado de la técnica;

La figura 6 muestra la zona rodeada por corriente correspondiente a la disposición de conductores de conexión según el presente invento;

La figura 7 muestra una sección tridimensional de la disposición de circuito según el presente invento.

La figura 1 muestra una representación esquemática de un rectificador de onda media. La construcción típica según el estado de la técnica está compuesta por un circuito intermedio con un condensador 1 con conexión positiva 2 y negativa 3, así como conmutadores de potencia 4. Estos conmutadores de potencia pueden estar realizados como MOSFET o IGBT. En

caso de una realización con IGBT, es necesario agregar diodos de rueda libre 5 adicionales. La conexión de corriente alterna se designa con el número 6. La flecha 7 simboliza el flujo de la corriente desde la línea positiva a la negativa durante un proceso de conmutación y la zona sombreada, la superficie rodeada por corriente 8. El tamaño de la zona rodeada por corriente es una magnitud directa de las inductancias parásitas, gráficamente forma el perfil de una bobina con devanado.

La figura 2 ilustra el caso real de una disposición de circuito según la figura 1 en la que los conmutadores de potencia primeros y segundos están realizados cada uno como varios transistores de potencia conectados en paralelo. En este caso, la zona sombreada 8 simboliza la superficie máxima rodeada por corriente. Aquí se muestra que las superficies y las inductancias correspondientes de cada uno de los transistores de potencia son diferentes.

La figura 3 muestra el estado de la técnica de la realización del sustrato de un rectificador de onda media. En aras de la claridad, no se han tenido en cuenta las conexiones auxiliares, como son los emisores puerta, base y auxiliar. Sobre un sustrato cerámico 9 están dispuestas las superficies 12 chapadas en cobre de las conexiones positiva 11, negativa 10 y de corriente alterna 12. Sobre la superficie de la línea positiva se encuentran los primeros transistores de potencia 13, que conforman un primer conmutador de potencia, y un diodo de rueda libre 14. Los emisores de los transistores de potencia están unidos a la superficie 12 chapada en cobre de la conexión de corriente alterna por medio de alambres de unión 15. Sobre esta superficie están dispuestos los segundos transistores de potencia, así como un diodo de rueda libre. Estos segundos transistores de potencia están unidos con la superficie 10 chapada en cobre de la conexión negativa mediante alambres de unión. Los conductores de conexión de corriente alterna 18, de la línea positiva 17 y de la línea negativa 16 que conectan con el circuito intermedio están dispuestos igualmente sobre las superficies chapadas en cobre correspondientes a su polaridad. Resulta común en esta clase de disposiciones de circuito según el estado de la técnica una colocación muy próxima de los conductores de conexión positivo y negativo, al menos hasta una cierta distancia por encima del sustrato. La flecha 7 indica también la superficie máxima rodeada por corriente. Esta superficie determina la inductancia parásita de la disposición de circuito. Con este tipo de disposiciones de circuito se consiguen en el plano del sustrato unas inductancias típicas de entre 20 y 50 nH.

La figura 4 muestra una sección de la disposición de circuito según la solución presentada por el invento en la que los conductores de conexión forman parte integral de la disposición con el objetivo de lograr inductancias mínimas en la zona del sustrato. En este caso, también se han obviado las conexiones auxiliares necesarias para no perjudicar la claridad de la exposición. Sobre el sustrato 9 están dispuestas, según el estado de la técnica, superficies chapadas en cobre correspondientes a la conexión de corriente alterna 11, la línea positiva 12 y la línea negativa 10. La idea del presente invento se compone de la combinación de dos características.

En primer lugar, para obtener una inductancia parásita mínima los primeros transistores de potencia 13 (por ejemplo, MOSFET) deben estar dispuestos lo

más próximos posible a los segundos transistores de potencia 19 y, además, los primeros y segundos transistores de potencia deben estar en serie.

En segundo lugar, los conductores de conexión de la línea positiva 20 y negativa 21 se incluyen en la conducción de la corriente realizados en bandas. Para describirlos, los dos conductores de conexión se han desmembrado en secciones (representadas en la figura 6).

La sección "A" se extiende desde la conexión con el circuito intermedio hasta cerca de la superficie del sustrato. La sección "B" discurre paralela a la superficie del sustrato y la sección "C" está conectada a la zona que se extiende en paralelo y representa el contacto normalmente perpendicular con la superficie chapada en cobre correspondiente de la superficie del sustrato. Como mínimo se configura de este modo uno de los conductores de conexión de corriente continua. La sección B presenta las características determinantes de la idea del presente invento, pues no sólo está dispuesta como banda en paralelo a la superficie del sustrato, sino que también presenta en cada zona comprendida entre los transistores primeros y segundos dispuestos en serie como mínimo un nervio que discurre paralelo a aquéllos. Estos nervios discurren hacia abajo hasta la superficie del sustrato y están separados de las superficies chapadas en cobre de los otros tipos de conductores únicamente por una fina capa de aislamiento.

El conductor de conexión de la línea positiva 20 está dispuesto en paralelo al conductor de conexión de la línea negativa 21 en la sección "A" y está separado de aquél en dicha zona únicamente por una capa de aislamiento. De la sección "B" sólo están dibujados los nervios 23, no se ha dibujado la pieza en forma de banda que se extiende por encima de dichos nervios ni la pieza que une los nervios. En la zona sombreada los nervios paralelos están separados de la superficie del sustrato y de las superficies de corriente alterna 11 y de línea negativa 10 chapadas en cobre, allí ubicadas por medio de una fina capa de aislamiento. En la zona dibujada como superficie los nervios están unidos con el chapado de cobre por unión o liga de sustancias. De forma análoga, esto también se aplica al conductor de conexión de corriente alterna. La flecha 7 también simboliza aquí la superficie máxima por la que fluye la corriente. Esta superficie por la que fluye la corriente queda minimizada al nivel del sustrato gracias a la disposición aquí descrita. Además, debido a la simetría de dicha disposición, todos los transistores de potencia reciben la misma carga de corriente y la misma inductancia parásita.

Con esta clase de disposiciones de circuito, pueden alcanzarse al nivel del sustrato inductancias del orden de 1 nH o menores.

El conductor de conexión de corriente alterna 22 está realizado de igual modo que el conductor de conexión de línea positiva 20, es decir, en forma de banda y con nervios que discurren hacia abajo hasta la cerámica de unión de cobre directa.

La figura 5 muestra un plano perpendicular al sustrato 9 definido por los conductores de conexión según el estado de la técnica. Sobre este sustrato 9 están dispuestas las superficies chapadas en cobre de la línea positiva 12, la línea negativa 10 y la conexión de corriente alterna 11. Sobre la superficie de la línea positiva 12 se encuentra un primer transistor de potencia 13. Un segundo transistor de potencia 19 se en-

cuentra sobre la superficie de corriente alterna 11. El emisor del primer transistor de potencia 13 está unido a la superficie chapada en cobre 11 de la conexión de corriente alterna mediante alambres de unión 15. El emisor del segundo transistor de potencia también está unido a la superficie chapada en cobre de la línea negativa 10 mediante alambres de unión 15. La superficie 24 rodeada por corriente en este plano se extiende por debajo de los conductores de conexión de la línea positiva hasta la superficie del sustrato, es decir, en la zona de las uniones de enlace hasta éstos.

La figura 6 muestra la idea del invento también en un plano perpendicular al sustrato 9 definido por los conductores de conexión. También se representan las tres secciones "A", "B" y "C" de un conductor de conexión. Mediante los nervios 23 del presente invento, que discurren hacia abajo hasta la superficie del sustrato, por debajo de la pieza en forma de banda del conductor de conexión positivo, esta zona queda libre de corriente circundante. El flujo de la corriente hacia la superficie 12 chapada en cobre se produce directamente por encima del sustrato, y la corriente siguiente hacia el conductor de conexión negativo tiene lugar en el sustrato o en las secciones con uniones de enlace a través de éstas. Con ello se obtienen tres superficies significativas rodeadas por corriente: la zona 26 comprendida entre el conductor de conexión positivo y negativo, así como las zonas 25 limitadas por encima por los alambres de unión y por debajo por la cara inferior de los nervios 23 según el presente invento. La comparación con la figura 5 desvela claramente la reducción de la superficie rodeada por corriente y, con ello, la reducción de las inductancias parásitas de la disposición de circuito según el presente invento. Para obtener una disposición de circuito con una inductancia baja completa, los condensadores del circuito intermedio deben estar dispuestos directamente en los conductores de corriente continua.

La figura 7 muestra un bosquejo tridimensional de una sección de la idea del presente invento, en el cual se representa también un primer transistor de potencia 13 y un segundo transistor de potencia 19. De nuevo en esta figura no aparecen dibujadas ninguna de las conexiones auxiliares ni la pieza cerrada en forma de banda de los conductores de conexión, la cual se encuentra sobre el sustrato por encima de los nervios y, en caso necesario, sólo se interrumpe para hacer atravesar conductores de conexión para las conexiones auxiliares. Estos nervios 23 del conductor de conexión de la línea positiva 12, de la línea negativa 10 y de la corriente alterna 11, además de su función de mantener al mínimo las inductancias, pueden servir como elemento de transmisión de la presión en construcciones de contacto por presión. Cada uno de los conductores de conexión mencionados entra en contacto directo, a través de los nervios, con la superficie chapada en cobre que le corresponde y puede funcionar en construcciones de contacto por presión tanto como contacto de presión de las propias conexiones como contacto de presión térmico del sustrato con un cuerpo refrigerante. La función de contacto de presión térmico puede realizarla cualquier nervio de un conductor de conexión, incluso sobre las superficies chapadas en cobre que no le corresponden, ya que éste sólo está separado de aquélla a través de una capa aislante, normalmente consistente en una lámina plástica.

REIVINDICACIONES

1. Disposición de circuito de baja inductancia parásita consistente en un sustrato aislado eléctricamente (9) sobre el que se encuentran vías de unión metálicas aisladas entre sí, sobre las que hay dispuestos conmutadores de potencia primeros y segundos conectados en serie, los cuales constan de varios transistores de potencia primeros (13) y segundos (19) conectados en paralelo así como de conductores de conexión de corriente continua (20, 21) y alterna (22), estando los transistores de potencia primeros (13) y segundos (19) dispuestos muy próximos entre sí y en serie, estando los conductores de conexión de corriente continua (20, 21) dispuestos en una primera sección en forma de banda, muy próximos entre sí y en paralelo hasta un punto cercano a la superficie del sustrato (9) o en contacto con ésta, y presentando al menos uno de los conductores de conexión (20) una segunda sección en forma de banda en paralelo a la superficie del sustrato (9) con nervios (23) situados en ella, la disposición **caracterizada** por el hecho de que dichos nervios (23) están separados parcialmente del sustrato únicamente por una capa aislante y presentan como mínimo un punto de contacto (12) con la superficie

del sustrato (9).

2. Disposición de circuito según las reivindicaciones 1 y 3 **caracterizada** por el hecho de que los nervios (23) están dispuestos entre los transistores de potencia (13, 19) y al menos uno de los conductores de conexión de corriente continua (20) está configurado como elemento transmisor de la presión indicada para una construcción de contacto por presión del módulo.

3. Disposición de circuito según la reivindicación 1 o 4 **caracterizada** por el hecho de que los conmutadores de potencia primeros y segundos están colocados simétricamente con respecto al eje medio del sustrato por medio de dos series de transistores de potencia.

4. Disposición de circuito según una de las reivindicaciones de la 1 a la 5 **caracterizada** por el hecho de que los transistores de potencia son IGBT o MOSFET.

5. Disposición de circuito según una de las reivindicaciones de la 1 a la 5 **caracterizada** por el hecho de que, además de los transistores, los conmutadores de potencia también comprenden uno o varios diodos de rueda libre, los cuales están dispuestos en serie con sus transistores de potencia correspondientes.

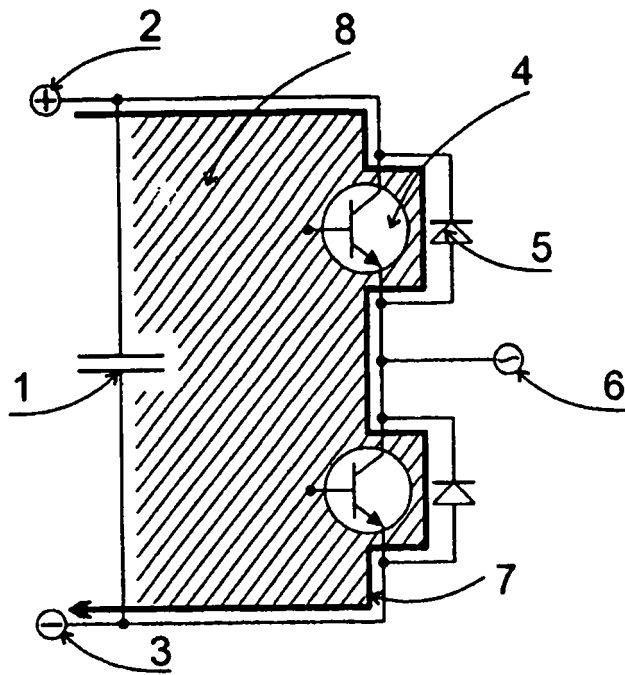


Fig. 1

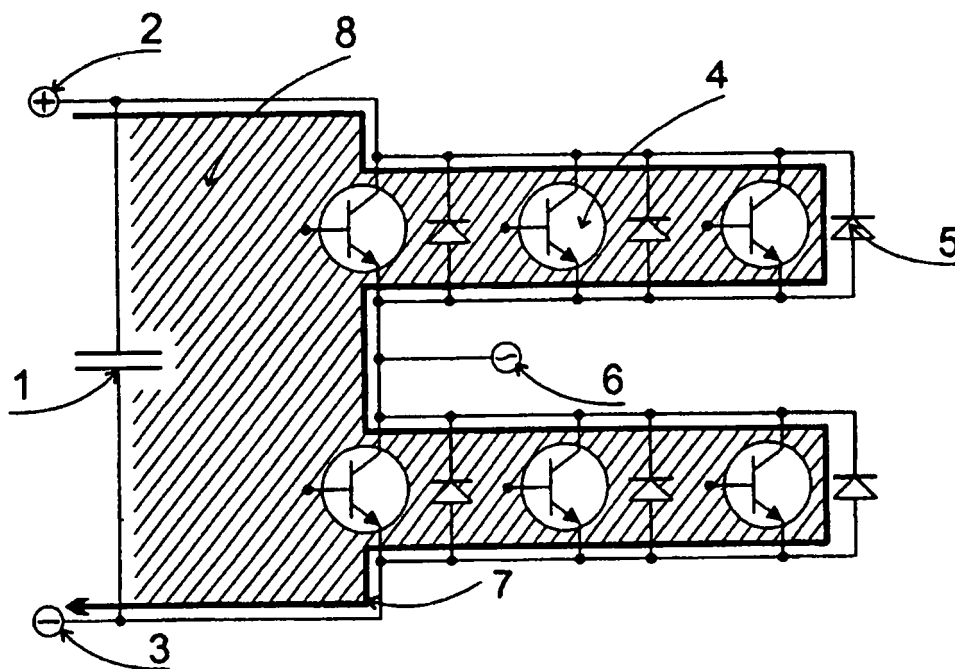


Fig. 2

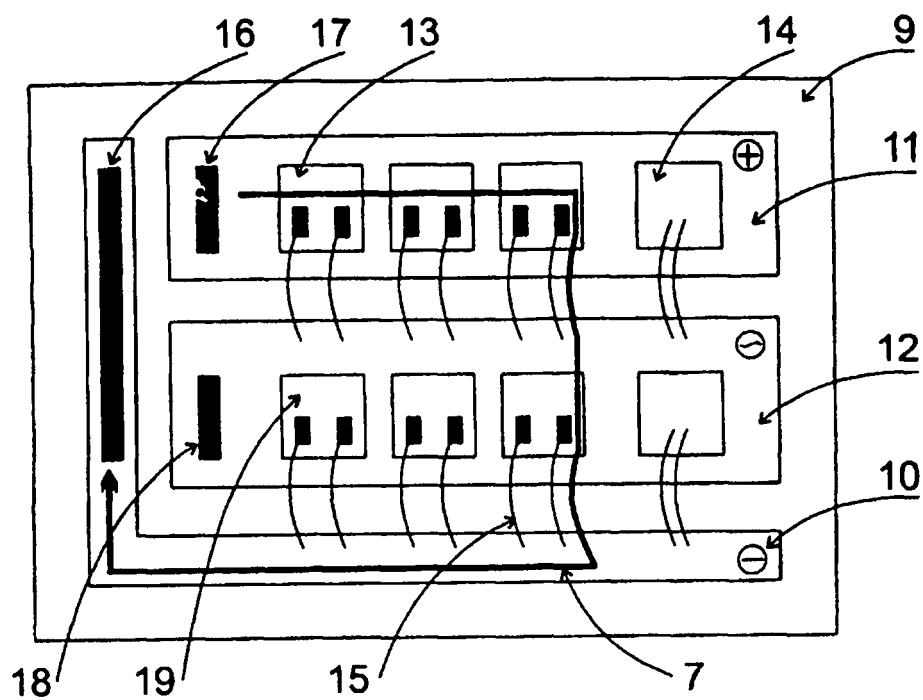


Fig. 3 (Estado de la tecnica)

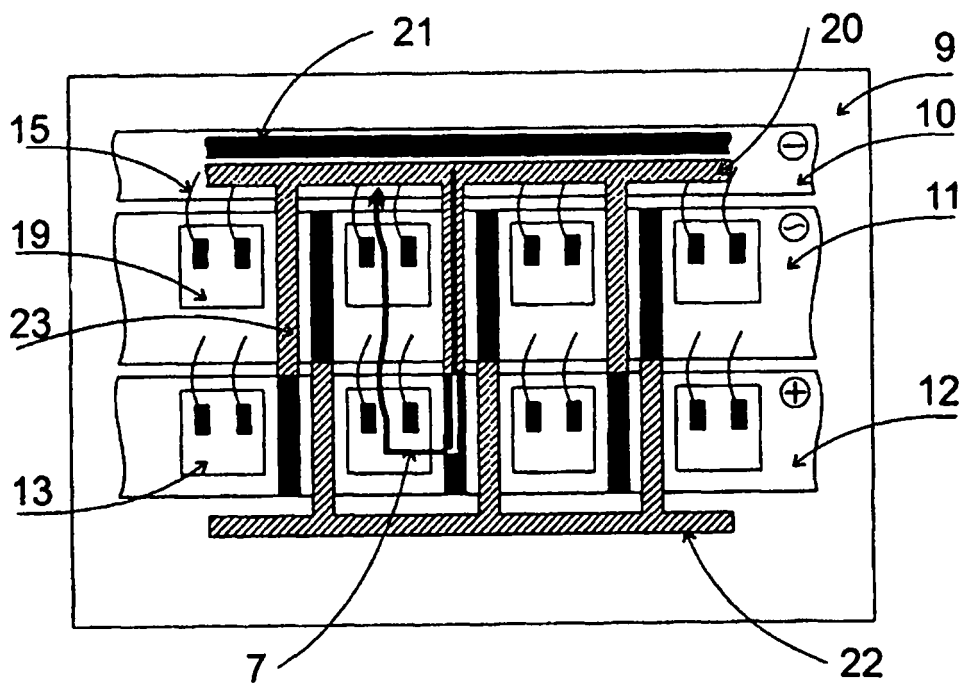


Fig. 4

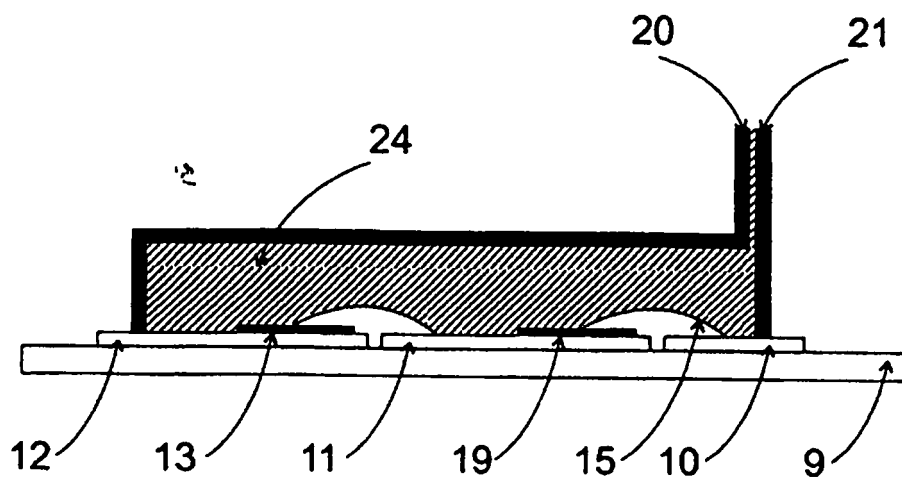


Fig. 5 (Estado de la tecnica)

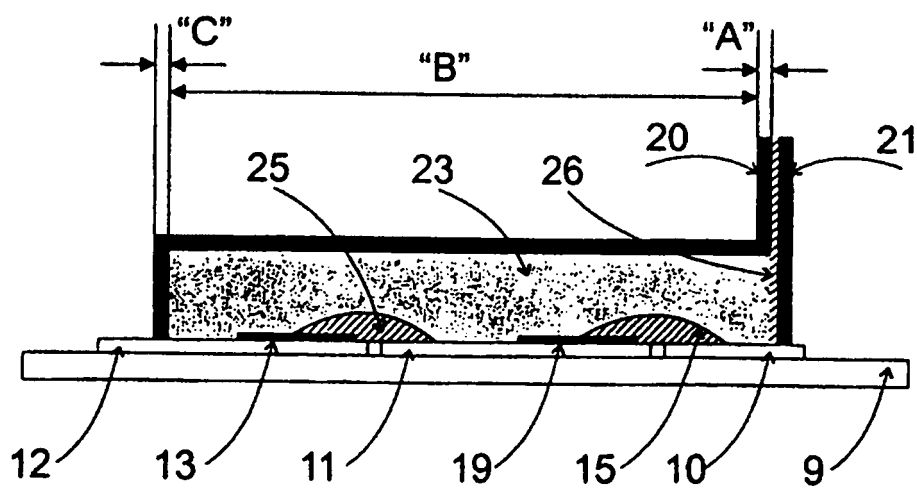


Fig. 6

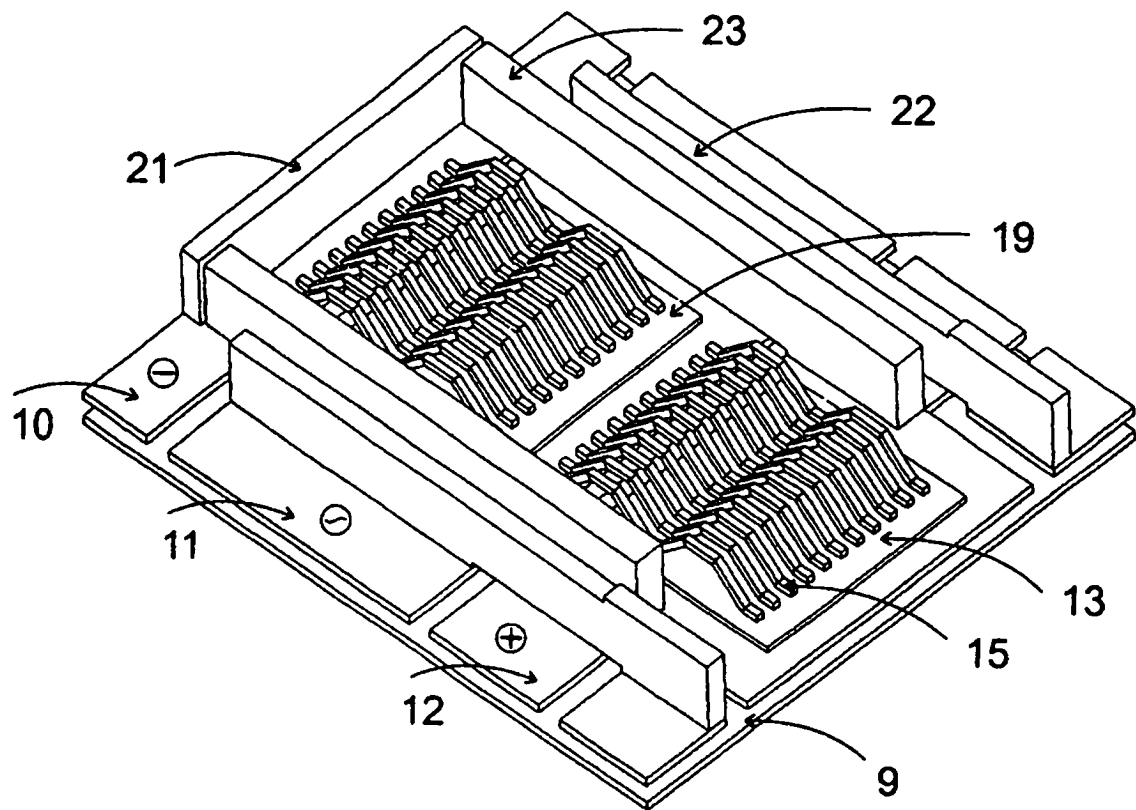


Fig. 7