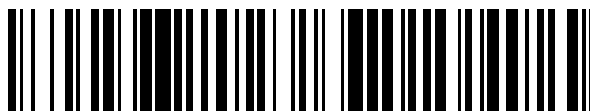


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 661 769**

51 Int. Cl.:

**H01L 31/024** (2014.01)

**H01L 31/052** (2014.01)

**H01L 31/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.04.2009 PCT/EP2009/002653**

87 Fecha y número de publicación internacional: **03.12.2009 WO09143931**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.04.2009 E 09753586 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.01.2018 EP 2279531**

54 Título: **Módulo de célula solar**

30 Prioridad:

**15.04.2008 EP 08007395**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**03.04.2018**

73 Titular/es:

**FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR  
FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN  
FORSCHUNG E.V. (100.0%)  
Hansastraße 27c  
80686 München, DE**

72 Inventor/es:

**JAUS, JOACHIM y  
BETT, ANDREAS**

74 Agente/Representante:

**VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro**

ES 2 661 769 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

## Módulo de célula solar

5 La invención se refiere a un módulo de célula solar que contiene al menos dos grupos constructivos (SCA) interconectados que presentan células solares así como una placa base del módulo que contiene una estructura de soporte eléctricamente conductora y una placa posterior eléctricamente aislada al menos sobre el lado orientado a la estructura de soporte. A este respecto, el grupo constructivo que contiene la célula solar es especialmente pequeño respecto al dimensionamiento, lo cual da como resultado un bajo consumo de material de material de disipador  
10 térmico, por ejemplo, cobre y aluminio, y, por lo tanto, posibilita una producción especialmente económica.

Para la generación directa de energía eléctrica de la luz solar, hoy en día ya tienen gran aceptación módulos fotovoltaicos. Una tecnología en este ámbito especialmente muy prometedora en el futuro próximo es la fotovoltaica de concentración, en la que la energía solar se concentra mediante un sistema óptico y a continuación se convierte  
15 en energía eléctrica por células solares especialmente eficientes (véase, por ejemplo, A.W. Bett, F. Dimroth, S.W. Glunz *et al.*, «FLATCON™ and FLASHCON™ Concepts for High Concentration PV», Proc. Of 19th European Photovoltaic Solar Energy Conference, 2004, p. 2488-2491).

Por la concentración de la luz solar se genera una mancha catódica con densidad de flujo radiante relativamente alta. Esta energía de radiación se convierte hasta cierto punto en energía eléctrica en la célula solar. Este porcentaje se determina por la eficiencia de la célula solar, que en los últimos años ha aumentado rápidamente y hoy en día ha sobrepasado el 40 % (R.R. King, D.C. Law, K.M. Edmondson *et al.*, «40% efficient metamorphic GaInP/GaInAs/Ge multijunction solar cells», Applied Physics Letters, 90, 2007, p. 1835161-1835163).

25 La parte de la energía de radiación que no se convierte en energía eléctrica se acumula como energía térmica perdida. A causa de la alta densidad de flujo radiante, se producen por ello requisitos especialmente altos en el diseño térmico de un módulo de concentrador. Puesto que la eficiencia y la durabilidad de una célula solar descienden con mayor temperatura, la finalidad de cada desarrollo en este área es mantener la temperatura de la célula solar lo más baja posible por medidas adecuadas.

30 La alta densidad de flujo de la energía térmica en la fotovoltaica de concentración necesita el acoplamiento de las células solares a un disipador térmico refrigerado activa o pasivamente. Para mantener especialmente bajos los costes de un tal módulo de concentrador, tiene prioridad en este caso especialmente una combinación adecuada de materiales así como un diseño adecuado para la fabricación en masa. Adicionalmente a la dispersión del calor, en un módulo solar de concentrador las células solares individuales tienen que interconectarse eléctricamente entre sí. Para mantener lo más bajas posibles las pérdidas de resistencia que aumentan al cuadrado con la intensidad de corriente, la mayoría de las veces se lleva a cabo una interconexión en serie de todas las células solares o incluso de varios grupos de células solares interconectadas en paralelo.

40 Hasta el momento, los disipadores térmicos se diseñan generalmente como elemento constructivo individual y se dimensionan correspondientemente, los denominados grupos constructivos de células de solares SCA, del inglés *Solar Cell Assembly*. Las células solares individuales también se contactan ya sobre este elemento de refrigeración y se ponen a disposición áreas de contacto para la interconexión posterior a nivel de módulo. Un grupo constructivo de células de solares típico según el estado de la técnica (documentado, por ejemplo, en J. Jaus, U. Fleischfresser, G. Peharz *et al.*, «Heat Sink Substrates for Automated Assembly of Concentrator Modules», Proc. of 21st European Photovoltaic Solar Energy Conference, 2006, p. 2120-2123 o A.W. Bett, C. Baur, F. Dimroth *et al.*, «FLATCON™-modules: Technology and Characterisation», Proc. of 3rd World Conference on Photovoltaic Energy Conversion, 2003, p. 634-637 o documento US 5.167.724) consta de una célula solar, un sustrato para la conducción de calor (por ejemplo, cobre), varias capas metálicas aplicadas para mejorar la contactabilidad, una capa de soldadura o de adhesivo para contactar el lado posterior de las células solares así como contactos enlazados o soldados del lado superior de las células solares.

Los dos polos de la célula solar se unen eléctricamente en cada caso a una de las capas metálicas. Para ello, el contacto del lado posterior, realizado de manera plana, de la célula solar se une de manera plana a una primera  
55 capa metálica. El contacto del lado delantero de la célula solar se une a una segunda capa metálica. Puesto que la superficie activa de la célula también se encuentra sobre el lado frontal de la célula solar junto al contacto del lado delantero, el contacto del lado delantero está realizado de manera preferentemente muy pequeña en comparación con la superficie activa para poder aprovechar lo máximo posible la luz solar incidente para la generación de corriente. Por eso, la conexión al contacto del lado frontal se realiza la mayoría de las veces por un alambre de conexión muy fino (aproximadamente 50 µm). Además de la interconexión eléctrica, el SCA asume el objetivo de dispersar el calor perdido acumulado. Esta función de un disipador térmico incluye, por una parte, la transmisión de la energía térmica desde la célula a las distintas capas metálicas del SCA (especialmente a través del contacto del lado posterior plano a las capas metálicas unidas a ello) así como la transmisión del calor al lado posterior del módulo. Por otra parte, es necesaria una «difusión de calor», es decir, la distribución del calor sobre una superficie mayor. Esto es necesario especialmente en el caso de sistemas muy concentrados en los que se consigue una densidad de flujo radiante relativamente alta y, con ello, también una densidad de calor. En el estado de la técnica,

los grupos constructivos de células solares individuales están montados sobre una placa base del módulo. Esta placa base del módulo dispersa la energía térmica al entorno. Los SCA individuales se montan sobre esta placa base del módulo de manera que la célula solar se encuentra de la forma lo más exacta posible en el punto focal de la placa de lente montada encima (o de otro sistema óptico para la concentración de radiación solar). Tras el montaje de los SCA sobre la placa base, también tiene lugar la interconexión eléctrica de los SCA entre sí. Según la tensión de módulo deseada, pueden combinarse entre sí interconexiones en serie e interconexiones en paralelo. Para ello, la placa base tiene que estar realizada de manera aislante, puesto que, en caso contrario, ya el montaje de los SCA daría como resultado una interconexión en paralelo de todos los SCA de un módulo, lo cual daría como resultado la generación de corrientes especialmente altas y resulta indeseable a causa de las pérdidas óhmicas que se producen por ello.

En cuanto a la realización de placas base del módulo usando grupos constructivos de células solares según el estado de la técnica, hay que mencionar las siguientes desventajas:

- Los grupos constructivos de células solares necesitan una superficie relativamente grande para difundir el calor acumulado en la célula solar. El cobre es el material de base más frecuentemente usado para este objetivo a causa de su buena conductividad térmica. Por el alto precio del cobre, se producen por ello costes de material muy altos.
- El lado posterior de la célula solar no puede adherirse o soldarse directamente al cobre. Para ello, se necesitan aún otras capas metálicas. El níquel como barrera de difusión seguido de una capa fina de oro son combinaciones habituales. La etapa de proceso galvanítica necesaria para ello origina altos costes de material y de proceso debido a la gran extensión superficial. Es cierto que, por el uso de máscaras, estos metales de contacto solo pueden aplicarse en los lugares en los que también se necesitan, pero toda la superficie de los SCA tiene que guiarse por la planta de galvanoplastia y aumenta así los costes de proceso.
- Para el montaje de la célula solar sobre el disipador térmico así como para el contacto del lado delantero de la célula solar, se usan plantas de la producción microelectrónica. Estas plantas están diseñadas específicamente para contactar circuitos integrados a alta velocidad. En la práctica, por la superficie relativamente grande de los grupos constructivos de células solares, el rendimiento en estas plantas se reduce apreciablemente. La velocidad de procesamiento ya no influye en el rendimiento en una planta correspondiente, sino en la velocidad en la que pueden retraerse y extenderse los SCA.
- Es cierto que el material de placa base, vidrio, frecuentemente utilizado hasta el momento según el estado de la técnica es muy económico, pero solo tiene un coeficiente de conducción de calor relativamente bajo ( $<2 \text{ W/mK}$ ). Con ello, la placa base solo puede adoptar muy deficientemente una función de difusión de calor, sino que únicamente puede conducir el calor de un SCA realizado con superficie grande al aire exterior.
- Puesto que la célula solar según el estado de la técnica como se ha descrito anteriormente se monta directamente sobre la superficie de cobre con el contacto del lado posterior, el lado superior de la célula solar tiene que contactar con una segunda superficie aislada eléctricamente. Para ello, el propio grupo constructivo de células solares tiene que realizarse en tecnología multicapa (J. Jaus, U. Fleischfresser, G. Peharz *et al.*, «Heat Sink Substrates for Automated Assembly of Concentrator Modules», Proc. of 21st European Photovoltaic Solar Energy Conference, 2006, p. 2120-2123, o tiene que presentar una almohadilla de contacto. Ambos originan costes adicionales de material y de proceso.

El módulo de células solares del documento WO 91/18420 A también conlleva algunas de estas desventajas, puesto que la estructura de soporte 42 en este módulo de célula solar es eléctricamente conductora y no existe ninguna estrategia para una difusión de calor eficiente.

Además, según el estado de la técnica se conocen formas de realización en las que la propia placa base presenta varias capas metálicas (documentos US 6.248.949 B1 y WO 91/20097). Estas capas metálicas se unen directamente en cada caso al lado delantero o al lado posterior de la célula solar. La mayoría de las veces, estas placas base se realizan mediante tecnología de placa de circuito impreso, en la que varias capas metálicas conductoras (por ejemplo, Cu) y no conductoras (por ejemplo, resina epoxi de fibra de vidrio) se unen entre sí por laminación. A este respecto, para generar una interconexión en serie, las capas se estructuran por un proceso de estructuración fotolitográfica y se crean así áreas eléctricamente aisladas unas de otras que posteriormente se unen entre sí a través de las células solares.

En cuanto a la realización de placas base del módulo usando la tecnología multicapa según el estado de la técnica, hay que mencionar las siguientes desventajas:

- Como capa conductora pueden utilizarse capas metálicas de distinto grosor, normalmente se utiliza cobre en grosores de 0,035 a 0,5 mm. Típicamente, al menos una de las capas está diseñada con mayor grosor ( $>200 \mu\text{m}$ ) para llevar a cabo la difusión de calor. Sin embargo, no todas las células solares pueden colocarse directamente sobre esta capa conductora de calor, puesto que con ello tendría lugar una conexión en paralelo de todas estas células, con las consecuencias negativas descritas. Así, la célula solar tiene que montarse sobre una capa eléctricamente conductora que, sin embargo, tenga que estar aislada de esta capa principal conductora de calor. La mayoría de las veces, como material de aislamiento se emplean en el estado de la técnica tejidos de fibra de vidrio impregnados con resina epoxi (por ejemplo, FR4). Casi todas las placas de circuitos impresos

disponibles en el mercado se basan en este material. Incluso si esta capa puede realizarse de manera muy fina con una tecnología multicapa avanzada ( $<100 \mu\text{m}$ ), se produce, no obstante, debido al bajo coeficiente de conductividad térmica de FR4 ( $<1 \text{ W/mK}$ ), una resistencia térmica muy alta.

- La influencia de esta gran resistencia térmica debe considerarse como especialmente alta, puesto que el calor perdido en este lugar aún no se ha extendido, es decir, tiene lugar un alto flujo térmico en una superficie de sección transversal muy pequeña. De acuerdo con la ecuación del calor según Fourier, estos dos factores dan como resultado una temperatura de célula indeseablemente alta.
- Para generar una interconexión en serie, tiene que estructurarse al menos una capa conductora, es decir, separarse en áreas individuales eléctricamente aisladas. Para ello, se aplican métodos de estructuración fotolitográfica según el estado de la técnica. Para ello, se expone una fotomáscara, se desarrolla y el cobre se limpia con agua fuerte en los lugares correspondientes. Este proceso resulta relativamente costoso, especialmente puesto que tiene que llevarse a cabo sobre toda la superficie de la placa base del módulo.

Partiendo de esto, el objetivo de la presente invención era poner a disposición módulos de células solares que eliminen las desventajas descritas del estado de la técnica y puedan producirse de manera sencilla y económica.

Este objetivo se consigue mediante el módulo de célula solar con las características de la reivindicación 1 y el módulo de célula solar de concentrador con las características de la reivindicación 18. Las otras reivindicaciones dependientes muestran perfeccionamientos ventajosos.

De acuerdo con la invención, se pone a disposición un módulo de célula solar que contiene al menos dos grupos constructivos (SCA) interconectados que presentan células solares así como una placa base del módulo que contiene una estructura de soporte eléctricamente conductora y una placa posterior eléctricamente aislada con respecto a la estructura de soporte. A este respecto, esta estructura de soporte presenta áreas (áreas de SCA) separadas unas de otras equipadas con grupos constructivos de células solares así como áreas de interconexión y una interconexión de los grupos constructivos de células solares se realiza por un contacto eléctrico de las áreas de SCA con el lado frontal de una célula solar adyacente así como por un contacto eléctrico de las áreas de SCA con respectivamente un área de interconexión adyacente como conmutación en serie o de áreas de SCA entre sí y áreas de interconexión entre sí como conmutación en paralelo.

A diferencia del estado de la técnica, en el que el SCA asume tanto el contacto eléctrico como la difusión de calor, estas funcionalidades están divididas de acuerdo con la invención. El SCA asume sobre todo el contacto eléctrico de la célula solar así como una primera difusión de calor en el área crítica de pocos mm alrededor de la célula. Con ello, el SCA puede quedar considerablemente más pequeño. Así, la superficie de la estructura de soporte, a causa de la difusión de calor en dos etapas, asciende por regla general a menos de la mitad de toda la superficie del módulo de células solares, parcialmente incluso solo a un cuarto de la superficie del módulo de células solares. De acuerdo con la invención, la propia difusión de calor sobre una superficie lo más grande posible se asume por la placa del lado posterior que, a causa de su conexión eléctricamente aislada al SCA, puede estar realizada como, por ejemplo, lámina continua y, así, no necesita ningún esfuerzo de estructuración. Por lo tanto, se trata de una difusión de calor en dos etapas en la que primero se realiza una primera difusión de calor a través del área de SCA y a continuación una segunda difusión de calor a través de la placa del lado posterior.

De acuerdo con la invención, puede posibilitarse un desacoplamiento de la superficie de difusión de calor y la superficie de interconexión eléctrica por las áreas descritas. Por lo tanto, de acuerdo con la invención, la funcionalidad de interconexión eléctrica se asume por la estructura de soporte.

Preferentemente, la estructura de soporte es de origen monolítico y está realizada una separación de las áreas por estampación libre.

La estructura de soporte puede ser tanto una banda de soporte como una placa de soporte. Preferentemente, consta de un material de banda metálico con un grosor en el intervalo de 0,1 a 5 mm, especialmente de 0,2 a 0,5 mm. Simultáneamente, la estructura de soporte debería poseer una conductividad eléctrica y térmica. Resulta especialmente adecuado para ello el cobre con bajos porcentajes de aleación de hierro o níquel. Esta estructura de soporte se estructura entonces, por ejemplo, por estampación de áreas individuales que primero están todas unidas entre sí a través de almas (denominados puentes de estampación). A este respecto, se producen áreas de SCA sobre las que se monta posteriormente la célula solar. Además, se forman áreas de interconexión que sirven posteriormente como plataforma de interconexión. Opcionalmente, también es posible que se produzcan terceras áreas que presentan elementos auxiliares como una máscara perforada para la indexación de la tira de metal en las plantas de procesamiento.

En una forma de realización preferente, para la mejor contactabilidad eléctrica, la estructura de soporte puede estar provista de otras capas metálicas por toda la superficie o incluso solo por áreas en los lugares necesarios. Estos metales sirven entonces, por ejemplo, como bloqueos de difusión, por ejemplo, níquel, paladio o plata, o como barrera de oxidación, por ejemplo, oro.

Preferentemente, la célula solar se une a la estructura de soporte en el área de SCA con ayuda de un adhesivo

eléctricamente conductor o mediante soldadura a través del contacto del lado posterior plano. Los contactos del lado delantero de la célula solar pueden unirse a continuación a un área de interconexión de la estructura de soporte por contacto eléctrico, por ejemplo, por conexiones de alambre fino. A continuación, la célula solar así montada y contactada puede encapsularse, por ejemplo, mediante un procedimiento de moldeo por inyección. Por esta etapa, se unen mecánicamente entre sí al mismo tiempo las áreas de SCA y las áreas de interconexión. Si se omite esta etapa de moldeo por inyección, entonces también puede realizarse una conexión mecánica como alternativa a través de una banda de fijación o un elemento auxiliar adherido o soldado.

A continuación, puede realizarse una estampación libre de las áreas de SCA y las áreas de interconexión unidas entre sí ahora adicionalmente por el sellado de juntas por la separación de los puentes de estampación. Los SCA individuales que están presentes tras esta etapa pueden someterse ahora, dado el caso, a otra garantía de calidad, por ejemplo, por medición de curvas características y así, a continuación, están listos para el montaje sobre la placa del lado posterior.

Otra alternativa prevé que las áreas de interconexión, es decir, la plataforma de interconexión, también puedan producirse sobre una estructura de soporte separada, por ejemplo, una tira de metal. En este caso, primero se suprime el contacto del lado superior de la célula solar. Este tiene lugar entonces solo tras el montaje de las áreas de SCA y las áreas de interconexión sobre la placa del lado posterior.

La placa del lado posterior consta preferentemente de una chapa de metal térmicamente muy conductora ( $k > 50$  W/mK) del grosor de 0,1 a 5 mm, más preferentemente de 0,2 a 0,5 mm. Preferentemente, la placa del lado posterior consta de una aleación de aluminio.

Los SCA se montan sobre esta placa de aluminio provista de una capa de anodizado mediante un adhesivo térmicamente muy conductor con una conductividad térmica en el intervalo de 0,2 a 50 W/mK, más preferentemente  $> 1,5$  W/mK. La interconexión eléctrica entre sí se realiza por una conexión eléctrica entre las áreas de SCA y las áreas de interconexión. Para obtener una interconexión en serie, elementos del área de SCA se interconectan alternativamente con el área de interconexión.

Una placa base del módulo diseñada de esta manera se une preferentemente a través de una estructura de marco a una placa de lente para formar un módulo terminado. Además del uso de una estructura de marco, en este caso es apropiado que la placa del lado posterior o la placa de sustrato utilizada para la estabilización mecánica se moldee por conformación, por ejemplo, embutición profunda, de tal manera que pueda adoptar la funcionalidad del marco y la placa de lente se una entonces directamente a esta placa. Si, para el ahorro de material, se utilizan placas del lado posterior especialmente finas, entonces estas pueden aplicarse sobre una placa de sustrato de un material mecánicamente estable, por ejemplo, acero, plásticos, vidrio, materiales compuestos de fibra de vidrio.

En lo sucesivo, se enumeran otra vez configuraciones preferentes del objeto de acuerdo con la invención.

La realización de la placa del lado posterior puede constar de un elemento (por ejemplo, una placa de aluminio anodizado de 2 mm de espesor) o incluso puede realizarse a través de varios elementos. En este caso, resulta apropiada sobre todo la realización a través de una lámina metálica relativamente fina, preferentemente de aluminio con un grosor de aproximadamente 100 a 300  $\mu\text{m}$ , que puede proveerse económicamente de una capa de aislamiento en el procedimiento de rollo a rollo, por ejemplo, por anodizado anódico, capa de óxido vaporizada al vacío, procedimiento de aplicación intensificado por plasma de compuestos inorgánicos, adhesión/laminado de una lámina aislante o lacado en el procedimiento de laminación o de pulverización.

Esta lámina puede fijarse entonces sobre una estructura de marco estable, por ejemplo, que consta de una banda de chapa plegada dos veces. Como alternativa a esto, por el laminado sobre un sustrato de soporte estable mecánico, por ejemplo, acero galvanizado, vidrio, materiales compuestos de fibra, laminados o aluminio, puede obtenerse una construcción autoportante.

La placa de base está realizada ventajosamente como construcción de chapa autoportante. En este contexto, esto significa que la estabilidad mecánica necesaria no se obtiene, como es habitual en el estado de la técnica, exclusivamente por el espesor del material, sino por una conformación adecuada de la placa del lado posterior. Esto puede realizarse, por ejemplo, por la conformación de acanaladuras, pliegues de refuerzo, rebordes.

Si el módulo tuviera que realizarse herméticamente estanco, entonces la placa base del módulo presenta, de manera ventajosa, un módulo de elasticidad efectivo que asciende de 0,1 a 2 veces, más preferentemente de 0,2 a 0,8 veces, al de la placa de lente. Esto puede obtenerse, por ejemplo, por un grosor y selección de material adecuados de la placa del lado posterior. Con ello, la presión conseguida a una temperatura del módulo determinada en el interior del módulo se reduce más por la placa base que por la placa de lente. La placa base asume entonces la función de una membrana de presión. Por ello, puede reducirse la desviación de la placa de lente y, con ello, puede evitarse el denominado *off-pointing* (desvío), es decir, la fuga del punto focal de la superficie de célula activa.

Para mejorar la función de membrana, la placa base del módulo dispone para ello de áreas específicas en el área de

borde del módulo en las que está aumentada la elasticidad. Ventajosamente, esto se realiza a través de un grosor de material reducido o por conformaciones específicas como rebordes dobles.

5 Para dispersar el calor perdido acumulado en la célula solar así como su distribución por una superficie mayor, se utilizan varios materiales. A este respecto, estos materiales están seleccionados de manera que el coeficiente de conducción de calor  $k$  es el máximo para aquellos materiales que se usan en las proximidades de la célula solar. En este caso, resulta especialmente importante la utilización de materiales térmicamente muy conductores a causa de la densidad de flujo térmica aún muy alta. Con el aumento creciente de la sección transversal de conducción, también puede descender entonces la conductividad térmica sin que pueda producirse una acumulación térmica. En 10 comparación con el estado de la técnica, en el que se utiliza un único material/elemento como disipador térmico, puede conseguirse con ello una gran reducción de la utilización de material o de los costes de material.

En este caso, se menciona a modo de ejemplo las siguiente combinación de material de una realización de acuerdo con la invención de la base:

- 15
- a. Áreas de SCA de la estructura de soporte: aleación de cobre, conductividad térmica  $\sim 380$  W/mK
  - b. Placa de aluminio anodizado: aleación de aluminio, conductividad térmica  $\sim 210$  W/mK
  - c. Placa de soporte de acero galvanizado: acero aleado, conductividad térmica  $\sim 40$  W/mK

20 Entre la célula solar y los elementos para la disipación del calor, o entre los elementos individuales para la disipación del calor, se utilizan materiales de conexión que están seleccionados asimismo según el principio del «*Graded Heat Transfer Coefficient*» (coeficiente de transferencia de calor gradual). Con ello, puede limitarse a un mínimo la utilización de materiales de conexión especialmente muy conductores (y, por eso, la mayoría de las veces también más caros). En este caso, se menciona a modo de ejemplo la siguiente gradación:

25 a. Conexión de la célula a áreas de SCA de la estructura de soporte:

adhesivo conductor lleno de plata con  $k \sim 5$  W/mK

30 b. Conexión de las áreas de SCA de la estructura de soporte a la placa de aluminio anodizado:

resina epoxi llena de hidróxido de aluminio con  $\sim 1,5$  W/mK

35 c. Conexión de la placa de aluminio anodizado al soporte mecánico:

resina epoxi sin relleno con  $k \sim 0,2$  W/mK

Análogamente a la conductividad térmica graduada, los materiales para minimizar tensiones a causa de distinta expansión térmica se seleccionan lo máximo posible según un coeficiente de expansión térmica gradual (CTE, 40 *Coefficient of Thermal Expansion*):

- 45
- a. Como sustrato de célula solar se usa silicio o germanio con un CTE de  $2,6$  ppm/ $^{\circ}$ K o  $5,8$  ppm/ $^{\circ}$ K.
  - b. Este sustrato se monta sobre una estructura de soporte de cobre, el CTE del cobre es  $16,7$  ppm/ $^{\circ}$ K.
  - c. La placa de aluminio anodizado tiene un CTE de  $23$  ppm/ $^{\circ}$ K.

A diferencia del estado de la técnica, en el que se utilizan dos capas distintas eléctricamente aisladas una de otra, en el objeto de la invención ambas áreas eléctricas se realizan sobre solo una estructura de soporte (áreas de SCA y áreas de interconexión). Por una técnica de sellado/técnica de estampación libre adecuada así como por la utilización de una placa del lado posterior aislada, se puede conseguir con ello de manera considerablemente más sencilla la interconexión en serie deseada. 50

En el caso de la conformación de las áreas de SCA y de las áreas de interconexión de la estructura de soporte, existen dos metas que se influyen mutuamente: para mantener la longitud del alambre de conexión lo más corta posible, el área de interconexión debería acercarse lo máximo posible al área de SCA. Sin embargo, esto perjudica 55 la disipación radial del calor desde la célula, puesto que las áreas de SCA y las áreas de interconexión ya no pueden estar unidas entre sí a través de la superficie de la tira de metal tras la estampación libre. Por eso, el área de interconexión se diseña de manera ventajosa como lengüeta que sobresale ligeramente en el área de SCA. Como compromiso óptimo entre la longitud del alambre de conexión y la limitación de la conducción térmica, la distancia mínima respecto a la superficie de la célula debería ascender entre  $1$  y  $10$  mm (mejor entre  $2$  y  $5$  mm). 60

La placa del lado posterior puede disponer de un aislamiento doble. Para conseguir altas tensiones del sistema (en sistemas actuales,  $\sim 800$  V), tiene que garantizarse un buen aislamiento. En este caso, para garantizar el aislamiento seguro necesario, la placa del lado posterior está provista de un aislamiento doble:

- 65
- a. 1. Aislamiento en dirección del SCA (capa de aislamiento interior)
  - b. 2. Aislamiento en dirección del aire exterior o de la segunda placa del lado posterior (capa de aislamiento

exterior)

5 Esta realización doble de las capas de aislamiento puede realizarse de manera muy económica usando aluminio por un procedimiento de anodizado llevado a cabo por todos los lados, en el que el aluminio se convierte (se oxida eléctricamente), en las áreas próximas a la superficie, en un baño de electrolitos ácido para formar óxido de aluminio.

10 Son apropiadas otras capas de aislamiento en la dirección del SCA por un adhesivo eléctricamente no conductor. Ventajosamente, esto se lleva a cabo por la aplicación de una capa correspondiente ya antes de la separación. Directamente después de la aplicación, esta capa se prepolimeriza ya parcialmente, de manera que ya no es adhesiva a temperatura ambiente. Durante el proceso de colocación, esta capa se polimeriza completamente y forma una conexión sólida entre la estructura de soporte del SCA y la placa del lado posterior.

15 Existen otras posibilidades de aislamiento en dirección de las placas de sustrato de refuerzo por un adhesivo no conductor así como sobre el lado posterior del módulo por un barniz de inmersión eléctricamente aislante.

20 Después de que la célula solar y el diodo de protección se han montado sobre el área de SCA («die-attach», sujeción de matriz) así como se ha finalizado el proceso de conexión de alambre hacia el área de interconexión, es apropiada la encapsulación de estos chips semiconductores así como de las conexiones de unión de alambre. Con ello, se obtiene una protección de los contactos así como de los bordes sensibles de las células solares frente a la corrosión relacionada con la humedad. Si se selecciona una masa de encapsulado no transparente, entonces se deja libre el área activa de la célula solar. Como procedimientos de sellado se consideran tanto dispensación como moldeo por inyección.

25 En el caso de materiales de encapsulado (absorción < 20 % de 400-2000  $\mu\text{m}$  de longitud de onda) transparentes adecuados, durante el procedimiento de moldeo por inyección se forma de manera ventajosa, directamente por encima de la célula, una denominada óptica secundaria que influye en la trayectoria de radiación de la luz solar de manera que sobre la célula solar puede obtenerse un mayor flujo de radiación promedio. Esto puede realizarse, por ejemplo, por la conformación de una lente o de un embudo a base de reflexión interna.

30 De manera ventajosa, la encapsulación no transparente presenta conformaciones que sirven para la fijación de una óptica secundaria reflectante, por ejemplo, orejetas para el montaje por clic.

35 Para una baja temperatura de célula, resulta decisiva la obtención de una liberación de calor eficiente al entorno. A este respecto, el porcentaje de radiación térmica es relativamente grande. Por eso, el objeto de la invención presenta de manera ventajosa los siguientes elementos:

40 a. Una capa con alta emisividad en el intervalo de 2000-10 000  $\mu\text{m}$  sobre el lado superior de la placa del lado posterior. El uso de aluminio anodizado para esta finalidad resulta ventajoso en este caso, puesto que la capa de anodizado ya presenta automáticamente una alta emisividad en este intervalo. Por una alta emisividad de infrarrojos del lado superior de la placa del lado posterior, se aumenta la radiación hacia la placa de lente. Con ello, se ensancha más la placa de lente, lo cual debería considerarse positivo a causa de la expansión asimismo relativamente alta de la placa base. Además, la placa de lente puede radiar al espacio sideral, mediante lo cual se produce una mayor transferencia de radiación neta que en el caso de la placa base del módulo que está en intercambio de radiación con el suelo.

45 b. Una capa de alta emisividad en el intervalo de 2000-10 000  $\mu\text{m}$  sobre el lado inferior de la placa base (por ejemplo, barniz, lámina). Si se usa aluminio como material sobre el lado posterior, entonces aquí también resulta ventajosa la capa de anodizado para esta finalidad.

50 Para aumentar la emisividad de infrarrojos ya presente parcialmente en los materiales de base, también pueden usarse recubrimientos y barniz. Ventajosamente, en este caso deben mencionarse capas finas de  $\text{SiO}_2$ , o incluso capas de pintura al óleo.

55 Las capas para unir la célula solar a las áreas de SCA de la estructura de soporte se realizan ventajosamente a través de una conexión de soldadura a base de SnPb, SnAg, AnAgCu o a través de un adhesivo conductor a base de resinas epoxi, siliconas o termoplásticos con cargas a base de plata o de cobre.

60 La capa para unir el grupo constructivo de células solares sobre la placa del lado posterior se realiza ventajosamente a partir de resina epoxi, acrilato, Kapton, adhesivo de silicona o un termoplástico con cargas de óxido de aluminio, hidróxido de aluminio u óxido de boro, nitruro de aluminio, nitruro de boro.

65 Como alternativa a esto, sobre el lado posterior del bastidor de conductores también puede usarse una capa de plástico no conductor (también en forma de resinas epoxi parcialmente reticuladas u otros adhesivos parcialmente curados). Esta capa está presente como película a temperatura ambiente y se une primero al lado posterior del bastidor de conductores. Con ello, las áreas individuales de la estructura de soporte se mantienen unidas incluso durante la estampación libre. Tras la estampación libre, los SCA pueden unirse entonces de manera fija a la placa

base mediante esta capa. Esta capa también puede adoptar el objetivo del aislamiento eléctrico.

El contacto eléctrico de los grupos constructivos de células solares a la interconexión interna del módulo se realiza de manera ventajosa a través de las siguientes tecnologías:

- 5
- a. Ultrasonido de hilo espeso con alambres de aluminio
  - b. Conexiones por termocompresión con Cu
  - c. Procedimientos de soldadura de bandas o alambres de Cu o Al
  - d. Contacto solo por adhesión

10 Para el contacto solo por adhesión, sobre la capa de aislamiento de la placa del lado posterior se aplica una red de circuitos impresos metálicos, por ejemplo, por impresión en huecograbado, impresión serigráfica o procedimientos de inyección de tinta.

15 Esta red de circuitos impresos puede reforzarse por procedimientos galvánicos o sin corriente para mejorar la conducción de corriente.

20 De manera ventajosa, en la placa base se integran elementos adecuados para la fijación (por ejemplo, perforaciones, inserciones roscadas), así como otros elementos de interconexión, tomas de corriente, elementos de montaje.

Mediante las siguientes figuras debería explicarse con más detalle el objeto de acuerdo con la invención, sin querer limitarlo a las formas de realización específicas mostradas aquí.

25 La fig. 1 muestra una vista en planta (fig. 1a), una perspectiva (fig. 1b) y una sección (fig. 1c) de un grupo constructivo de células solares de acuerdo con la invención con masa de relleno. La estructura de soporte presenta aquí el área equipada con grupos constructivos de células solares 1 y un área de interconexión 2, que están separadas espacialmente una de otra al menos en parte. Sobre el área de SCA 1 está acoplada una célula solar 3 mediante un adhesivo conductor o soldadura. Además, un diodo de protección 6 está dispuesto sobre el área de SCA 1 mediante un adhesivo conductor o soldadura. La célula solar 3 y el diodo de protección 6 están contactados entre sí a través de conexiones de alambre fino 7. En la fig. 1, este módulo de célula solar está encerrado en una masa de relleno 9.

35 En la fig. 2 está representada una vista en planta (fig. 2a), una perspectiva (fig. 2b) y una sección (fig. 2c) del módulo de células solares de acuerdo con la invención. En este caso, se trata de una variante sin masa de relleno. Las referencias corresponden a aquellas de la fig. 1, pudiendo reconocerse en este dibujo adicionalmente el contacto del lado delantero de las células solares mediante conexiones de alambre fino 8.

40 En la fig. 3 está representada a modo de ejemplo una interconexión de seis grupos constructivos de células solares de acuerdo con la invención.

45 La fig. 4 muestra una banda de soporte de chip con áreas de SCA 1, áreas de interconexión 2 así como terceras áreas que pueden presentar elementos auxiliares como una máscara perforada para la indexación de la tira de metal en las plantas de procesamiento.

50 La fig. 5 muestra la disposición de módulos de células solares de acuerdo con la invención. La placa del lado posterior 12, por ejemplo, de aluminio, presenta aquí sobre las superficies una capa de aislamiento 13, por ejemplo, una capa de anodizado. Esta placa del lado posterior está acoplada mediante un material de conexión 14 a una segunda placa del lado posterior, por ejemplo, una placa acero barnizada. Esta segunda placa del lado posterior puede presentar además elementos funcionales, por ejemplo, acanaladuras de refuerzo 11 y 11'. El SCA 17 está unido a la placa del lado posterior a través de un medio de conexión 16.



**REIVINDICACIONES**

1. Módulo de célula solar que contiene al menos dos grupos constructivos (SCA, 17) interconectados que presentan células solares (3) así como una placa base del módulo que contiene una estructura de soporte eléctricamente conductora y una placa posterior (12) eléctricamente aislada con respecto a la estructura de soporte, presentando la estructura de soporte áreas (áreas de SCA, 1) separadas unas de otras equipadas con grupos constructivos de células solares así como áreas de interconexión (2) y realizándose una interconexión de los grupos constructivos de células solares mediante un contacto eléctrico de las áreas de SCA (1) con el lado frontal de una célula solar (3) adyacente así como mediante un contacto eléctrico de las áreas de SCA (1) con, en cada caso, un área de interconexión (2) adyacente como conmutación en serie o de áreas de SCA (1) entre sí y áreas de interconexión (2) entre sí como conmutación en paralelo, y realizándose una difusión de calor en dos etapas con una primera difusión de calor a través del área de SCA (1) y una segunda difusión de calor a través de la placa posterior (12).
2. Módulo de célula solar según la reivindicación 1, **caracterizado por que** la estructura de soporte es de origen monolítico y la separación de las áreas (1, 2) está realizada por estampación libre.
3. Módulo de célula solar según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** las células solares (3) están unidas a la estructura de soporte por unión de materiales, especialmente mediante un adhesivo o una soldadura (4).
4. Módulo de célula solar según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la estructura de soporte es una banda de soporte o una placa de soporte.
5. Módulo de célula solar según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la estructura de soporte consta de un metal o de una aleación de metal con una conductividad térmica  $> 50 \text{ W/mK}$ , especialmente de cobre, de una aleación de cobre-hierro o de una aleación de cobre-níquel.
6. Módulo de célula solar según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la estructura de soporte presenta un grosor en el intervalo de 0,1 a 5 mm, especialmente de 0,2 a 0,5 mm.
7. Módulo de célula solar según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la estructura de soporte está provista al menos por áreas de al menos otro recubrimiento metálico, especialmente una barrera de difusión, preferentemente de níquel, de paladio o de plata, o de una barrera de oxidación, preferentemente de oro, para mejorar la contactabilidad eléctrica.
8. Módulo de célula solar según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la placa posterior (12) presenta un grosor de 50 a 500  $\mu\text{m}$ .
9. Módulo de célula solar según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la placa posterior (12) consta de un metal o de una aleación de metal con una conductividad térmica  $\geq 50 \text{ W/mK}$ , especialmente de una aleación de aluminio.
10. Módulo de célula solar según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** como aislamiento eléctrico de la estructura de soporte y de la placa posterior (12) está dispuesta una capa de aislamiento (13), especialmente de óxido de aluminio, entre la estructura de soporte y la placa posterior (12).
11. Módulo de célula solar según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la placa posterior (12) está unida adicionalmente a una placa de sustrato (15), especialmente de acero, plástico, vidrio y/o materiales compuestos de fibra de vidrio, para la estabilización mecánica.
12. Módulo de célula solar según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** los contactos eléctricos son alambres de conexión (7, 8).
13. Módulo de célula solar según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el módulo de célula solar presenta una fijación mecánica adicional para la estructura de soporte, especialmente una encapsulación moldeada por inyección (9), una banda de fijación y/o un elemento auxiliar (10) unido por unión de materiales.
14. Módulo de célula solar según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el módulo de célula solar presenta adicionalmente al menos un diodo de protección (6) para derivar corrientes eléctricas en dirección de bloqueo de la célula solar (3), estando dispuestos los diodos de protección (6) preferentemente en las primeras áreas de la estructura de soporte (1).

15. Módulo de célula solar según la reivindicación 14,  
**caracterizado por que** los diodos de protección (6) están contactados eléctricamente en cada caso en el lado frontal con una célula solar (3) adyacente.

5 16. Módulo de célula solar según una de las reivindicaciones anteriores,  
**caracterizado por que** los módulos de células solares están provistos de una capa protectora contra la corrosión.

10 17. Módulo de célula solar según una de las reivindicaciones anteriores,  
caracterizado por que las células solares son células solares multiunión monolíticas, especialmente células solares de triple unión, especialmente de elementos de los grupos principales III y V de la tabla periódica.

15 18. Módulo de célula solar de concentrador que contiene un módulo de célula solar según una de las reivindicaciones anteriores y un dispositivo óptico para la concentración de la energía solar, siendo el dispositivo óptico preferentemente una óptica concentradora de una etapa o de dos etapas.

Fig. 1

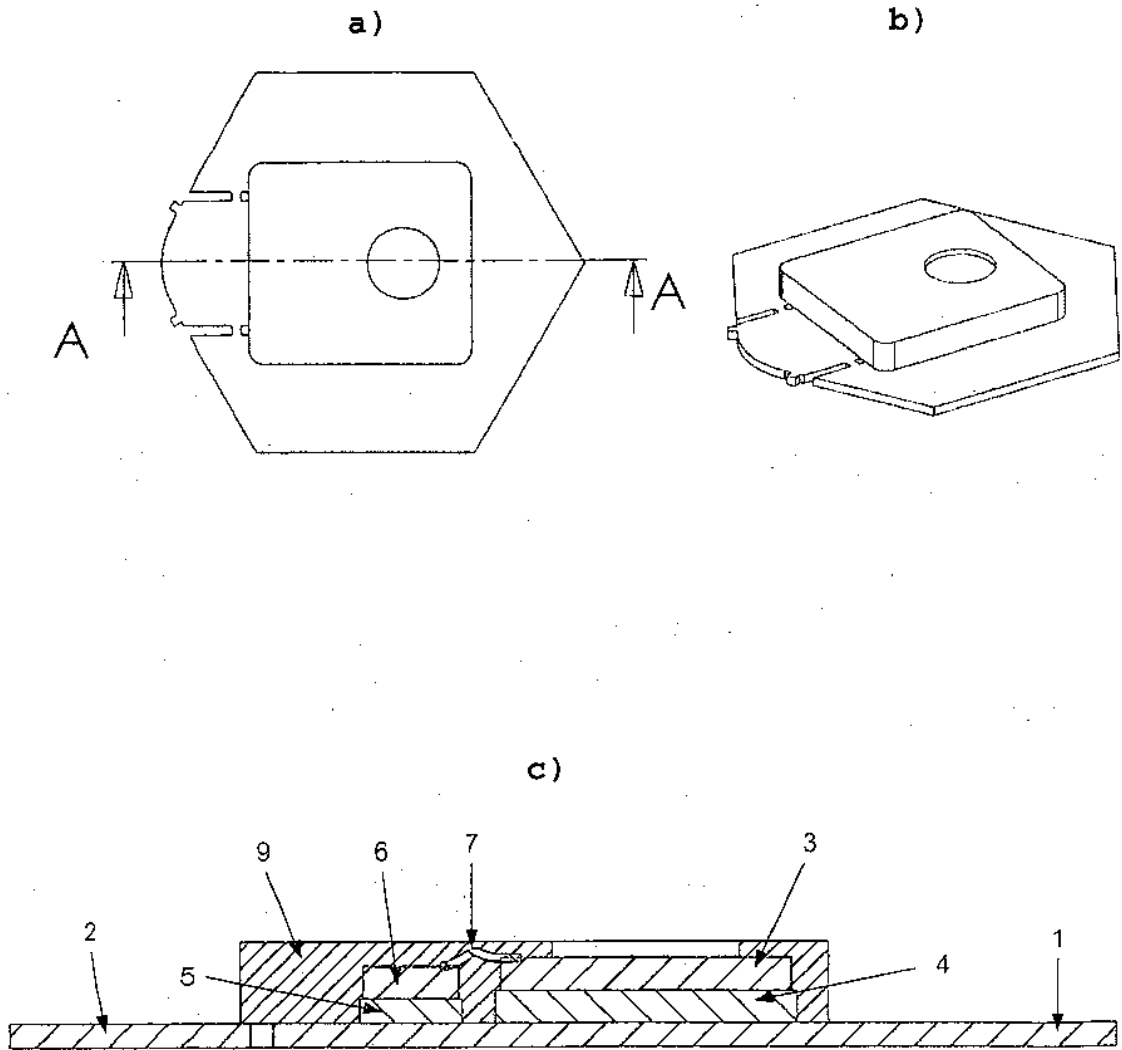
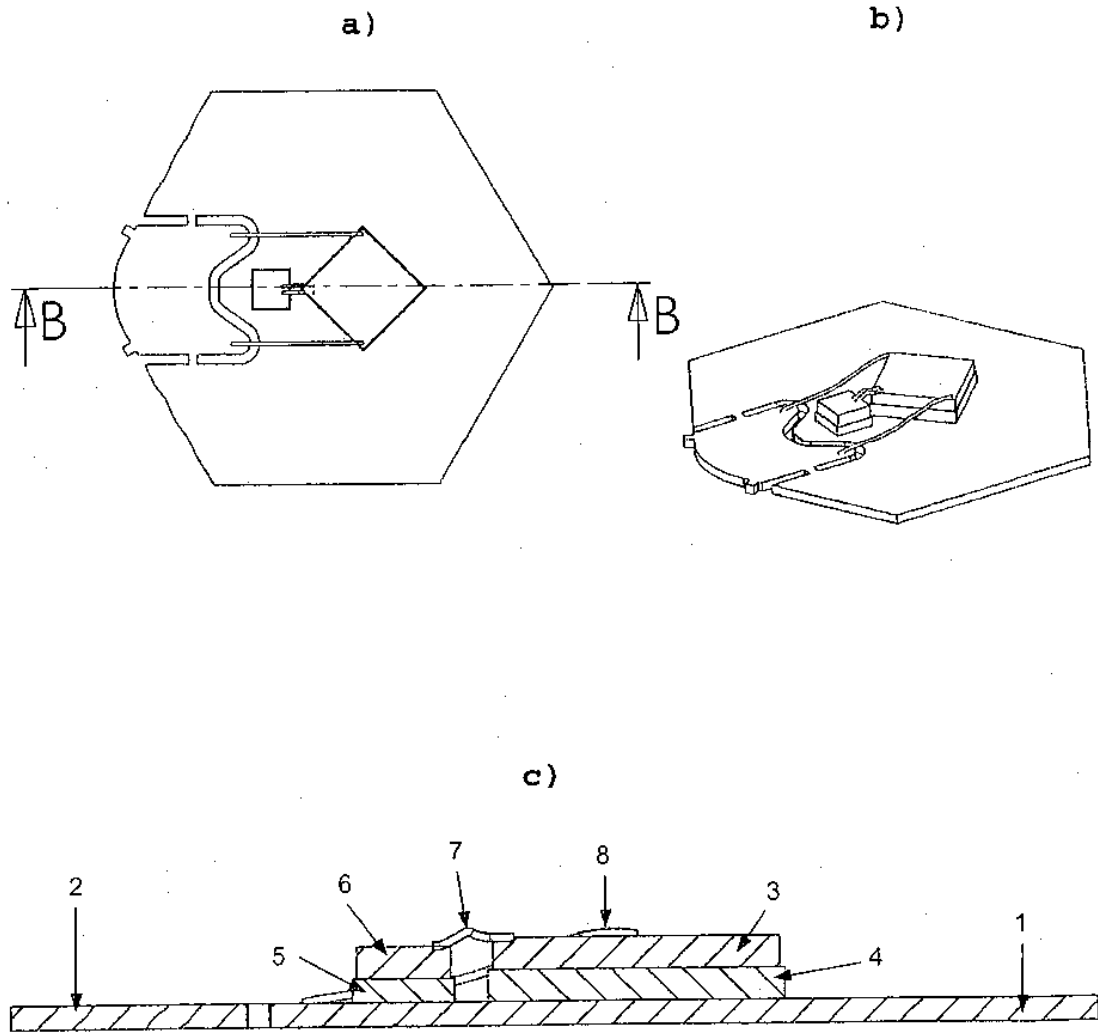
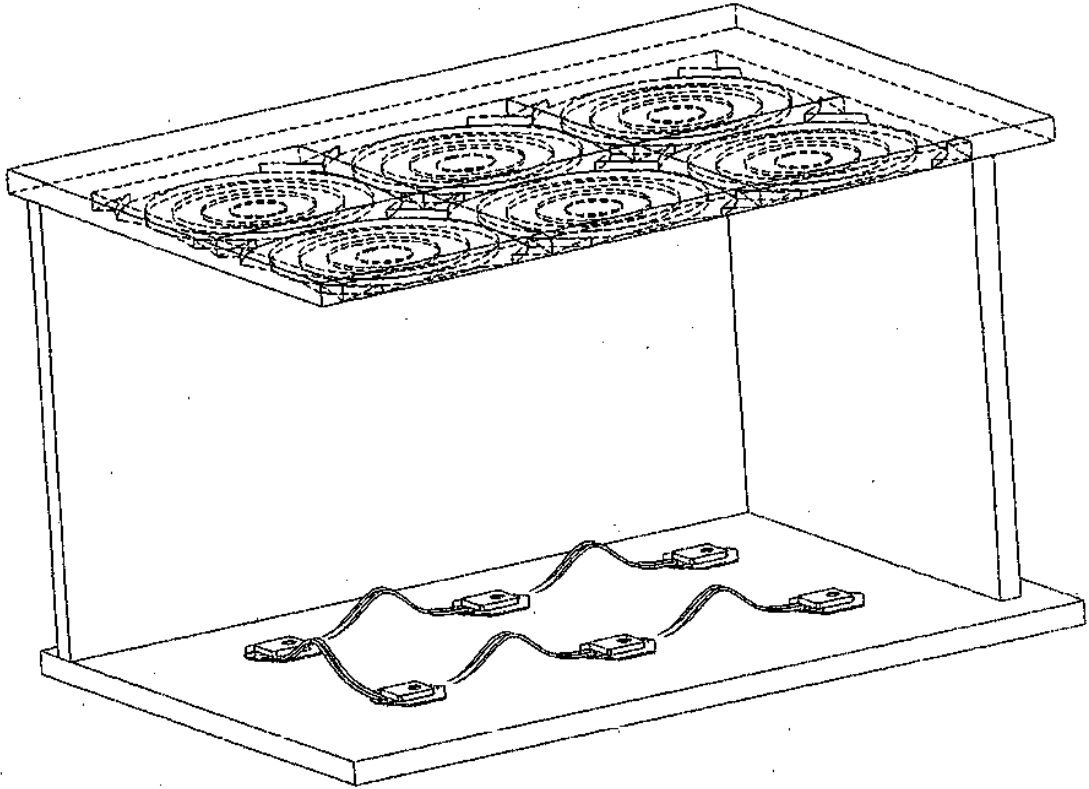


Fig. 2



**Fig. 3**



**Fig. 4**

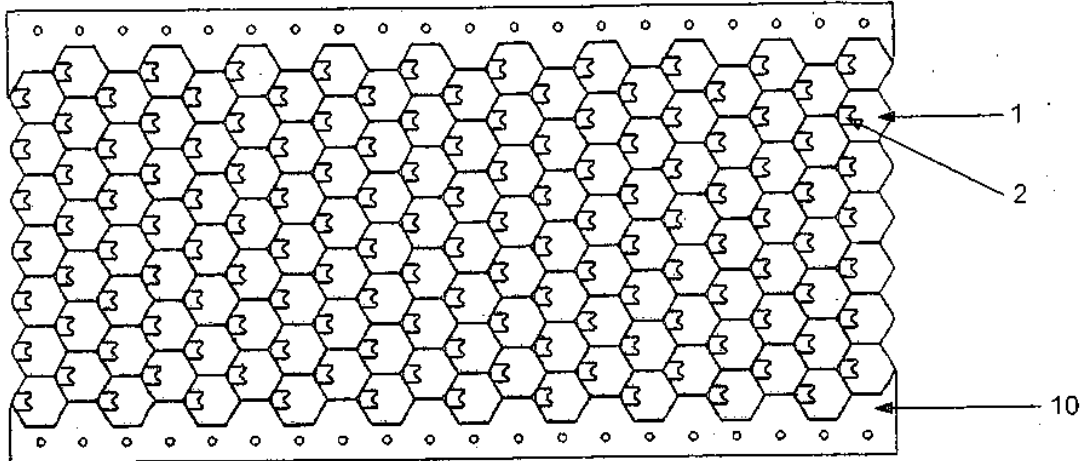


Fig. 5

