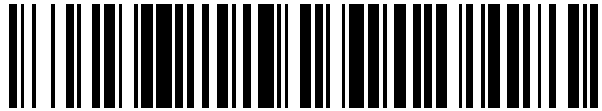


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 497 571**

51 Int. Cl.:

**B23K 1/06** (2006.01)

**B23K 3/06** (2006.01)

**B23K 1/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.02.2011 E 11155362 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.06.2014 EP 2359973**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para la aplicación de material soldante en una pieza de trabajo**

30 Prioridad:

**23.02.2010 DE 102010000520**

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

**23.09.2014**

73 Titular/es:

**SCHOTT SOLAR AG (100.0%)  
Hattenbergstrasse 10  
55122 Mainz, DE**

72 Inventor/es:

**VON CAMPE, HILMAR, DR.;  
MEYER, STEFAN;  
HUYNH-MINH, THAI;  
HUBER, STEPHAN y  
REIFF, SILVIO**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

**ES 2 497 571 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

Procedimiento y dispositivo para la aplicación de material soldante en una pieza de trabajo.

5 La invención se refiere a un procedimiento para la aplicación de material soldante en una pieza de trabajo, preferiblemente en un componente semiconductor como una célula solar, soldándose el material soldante a una temperatura de soldadura  $T_L$  bajo la acción de ultrasonidos. Además, la invención se refiere a un dispositivo para la aplicación y la fijación por soldadura de un material soldante en una zona a soldar en una pieza de trabajo, en particular un componente semiconductor como una célula solar, comprendiendo un dispositivo alimentador de material soldante, un dispositivo de calefacción para el material soldante, un sonotrodo de ultrasonidos, así como un dispositivo de transporte para el transporte de la pieza de trabajo tanto respecto al dispositivo de calefacción como respecto al sonotrodo de ultrasonidos.

10 Por el documento WO-A-2008/014900 (DE-A-10 2006 035 626) se conoce un procedimiento para la aplicación de una línea de conexión en una célula solar, en el que se aplica un material soldante mediante soldadura por ultrasonidos en la célula solar. Para ello, el material soldante en forma de un alambre de aportación o de material de aportación preformado se fija mediante un sonotrodo de ultrasonidos a la temperatura de soldadura.

15 La fijación de material soldante mediante soldadura por ultrasonidos, en particular en células solares, presenta la ventaja de que no debe usarse un fundente, por lo que aumenta, por otro lado, el peligro de que la célula solar pueda sufrir daños. Por la acción de ultrasonidos se rompen las capas de óxido existentes en las células solares, para garantizar una unión mecánicamente resistente y de buena conductividad eléctrica entre el material soldante y la capa metálica correspondiente de la célula solar. Esto es una ventaja, en particular, cuando la capa metálica es una capa de aluminio, como un contacto en la cara posterior hecho de aluminio.

20 En los documentos US-B-6,357,649 o en la cita de bibliografía Mardesich et al.: "A Low-Cost Photovoltaic Cell Process Based on Thick Film Techniques; 14th IEEE PV, Sp. Conf. Proc., 1980, páginas 943-947 se indican procedimientos de soldadura por ultrasonidos correspondientes.

25 Los procedimientos conocidos presentan el inconveniente que al aplicar un dispositivo de soldadura que aplica ultrasonido, que puede ser un sonotrodo de ultrasonidos, se producen daños en las piezas de trabajo cuando se trata de piezas de trabajo finas, con tendencia a la rotura. No obstante, en particular puede observarse el inconveniente que cuando la pieza de trabajo presenta una superficie irregular, la unión soldada no se forma de modo uniforme en grado suficiente. También se presenta el inconveniente que por la energía térmica transmitida por el sonotrodo de ultrasonidos por la fusión del material soldante no puede conseguirse la aportación de calor necesaria en el grado necesario de forma reproducible, debido a la configuración del sonotrodo en su punta, que entra en contacto con el material soldante.

35 Por el documento EP-A-1 699 090 se conocen un procedimiento y un dispositivo para la fabricación de módulos de células solares. Para ello se conducen distintas células solares a conectar entre sí entre cintas transportadoras, cediendo una cinta transportadora la energía térmica necesaria para unir células solares sucesivas con un conector y transmitiendo otra cinta la presión necesaria para la unión. Las células solares se alimentan mediante una tercera cinta transportadora a las primeras dos cintas.

El documento JP-A-2844330 describe un sonotrodo de ultrasonidos, mediante el cual se aplica material soldante en una pieza de trabajo. El eje longitudinal del sonotrodo de ultrasonidos se extiende en paralelo a la perpendicular de la pieza de trabajo.

40 En el documento DE-T-692 22 611 se describen materiales soldantes que contienen como uno de los componentes materiales abrasivos.

El documento US-A-3,222,776 describe un procedimiento y un dispositivo para el tratamiento de material soldante fundido, para soldar un alambre con un contacto. El porcionado de la cantidad de material soldante a aplicar se realiza mediante ultrasonido.

45 En el documento EP-A-1 195 217 está descrito un procedimiento para soldar usando un material soldante sin plomo. Puede conectarse un componente electrónico con un tablero de circuitos impresos, que se hace vibrar mediante ultrasonidos.

50 La cita de bibliografía Bach F-W et al.: "Ultraschallisiertes Flammlöten von Aluminiumlegierungen", Schweissen und Schneiden, DVS Verlag, Düsseldorf, DE, se refiere a la soldadura con soplete asistido por ultrasonido de aleaciones de aluminio. Puede realizarse un acoplamiento de ultrasonido cerca de la zona de unión de componentes macizos, concretamente directamente en el material soldante.

Por el documento US-A-2009/155958 se da a conocer un procedimiento de soldadura asistido por ultrasonidos para chips LED.

Para soldar componentes, según el documento US-A-2005/205641 se usa una herramienta de ultrasonidos.

5 La presente invención tiene el objetivo de perfeccionar un procedimiento y un dispositivo del tipo indicados al principio de tal modo que pueda aplicarse sin problemas un material soldante en piezas de trabajo con tendencia a la rotura, en particular en piezas de trabajo de un espesor de hasta 200  $\mu\text{m}$  y/o de una superficie ondulada o ligeramente curvada. Debe conseguirse, además, la posibilidad de un alto rendimiento garantizándose al mismo tiempo procesos de soldadura reproducibles.

10 Según la invención, el objetivo se consigue mediante un procedimiento del tipo indicado al principio sustancialmente porque el material soldante se calienta mediante un dispositivo de calefacción, se aplica en la pieza de trabajo y se fija por soldadura bajo la acción de ultrasonidos, estando alojada la pieza de trabajo durante la soldadura de forma elástica apretándose la pieza de trabajo en dirección al sonotrodo mediante un dispositivo de transporte que transporta la pieza de trabajo.

15 En particular, está previsto que el material soldante se fija por soldadura después de su calentamiento a una temperatura de soldadura TL mediante acción de ultrasonidos. La temperatura de soldadura TL es  $\geq TM$ , siendo TM el punto de fusión del material soldante. Este está situado p.ej. en caso de un material soldante de Sn-Bi en 140°C y en caso de un material soldante de Sn-Pb en 180°C.

20 Según la invención, en particular está previsto que el material soldante se caliente en primer lugar a una temperatura de soldadura deseada, para aplicar a continuación el material soldante fundido en la pieza de trabajo. A continuación, se aplica el ultrasonido deseado. Gracias a estas medidas queda garantizada una fijación por soldadura o aplicación de material soldante reproducible, transmitiéndose el calentamiento de la pieza de trabajo para la unión material al material soldante por este mismo directamente a la pieza de trabajo. El material soldante calentado propiamente dicho aporta el calor necesario para la unión al material de la pieza de trabajo, sin que deba tener lugar una transmisión de calor mediante el dispositivo de ultrasonidos. De este modo queda garantizada una  
25 fijación por soldadura reproducible.

30 En particular, la invención prevé que el calentamiento de la pieza de trabajo se realice porque el material soldante cede su calor a la pieza de trabajo por el contacto con la pieza de trabajo. Para garantizarlo, el dispositivo de calefacción que calienta el material soldante puede hacerse pasar directamente por la pieza de trabajo cerca de la zona a soldar, realizándose dado el caso un contacto directo entre el dispositivo de calefacción y la pieza de trabajo, p.ej. mediante los patines que parten del dispositivo de calefacción.

De forma complementaria, el dispositivo de ultrasonidos puede ajustarse a la temperatura de soldadura deseada. Además, la temperatura del sonotrodo debería ser igual o poco mayor que la temperatura de soldadura  $T_L$ , si no debe sustraerse calor del material soldante.

35 La temperatura del dispositivo de calefacción debería estar situada preferiblemente entre la temperatura de soldadura  $T_L$  y 600 °C, en particular en el intervalo entre 300°C y 500°C, en particular del orden de al menos aproximadamente 100°C por encima de la temperatura de soldadura  $T_L$ .

Para que el sonotrodo no sustraiga calor al material soldante, la temperatura del sonotrodo debería estar situada entre la temperatura de soldadura TL y 600°C, preferiblemente en el intervalo entre 300°C y 500°C. Preferiblemente, el sonotrodo presenta una temperatura que es igual a la del dispositivo de calefacción.

40 En una configuración de invención propia a destacar está previsto, además, que la pieza de trabajo esté alojada de forma elástica durante el proceso de soldadura. De este modo queda garantizado que también las piezas de trabajo de espesor variable o de superficies irregulares puedan procesarse en grado suficiente y de forma reproducible. La pieza de trabajo se aprieta de forma elástica contra el sonotrodo de ultrasonidos, quedando garantizado que la cabeza del sonotrodo o su punta estén siempre en contacto con el material soldante fundido durante la aplicación de  
45 ultrasonidos.

El alojamiento elástico de la pieza de trabajo, por el que la pieza de trabajo se aprieta en dirección al sonotrodo, es posible gracias a un elemento de transporte, mediante el cual la pieza de trabajo se transporta por debajo del sonotrodo. El elemento de transporte debería presentar un módulo de elasticidad E en  $\text{kN/mm}^2$  entre  $0,01 \text{ kN/mm}^2 \leq E \leq 0,1 \text{ kN/mm}^2$ .

50 Gracias a todas estas medidas pueden procesarse piezas de trabajo altamente sensibles, como plaquitas de silicio sin destrucción, quedando garantizado al mismo tiempo que gracias al ajuste de la temperatura no se produzcan fisuras independientemente de la acción de ultrasonidos.

5 En particular, está previsto que durante el proceso de soldadura la pieza de trabajo se transporte p.ej. mediante un dispositivo de transporte realizado como correa dentada a la zona a soldar y a través de la misma. El material soldante en forma de un alambre puede introducirse en la zona a soldar mediante un aparato de avance de alambre corriente en el mercado. Para ello, el alambre de aportación puede insertarse en un dispositivo de calefacción en el que se funde el material soldante. El alambre de aportación que sale después hace salir el material fundido a través de una abertura de salida, para que el material soldante se aplique en la pieza de trabajo. Durante este proceso, el material soldante ya fundido puede entrar en contacto con el sonotrodo, que preferiblemente también está calentado.

10 El calentamiento del sonotrodo no es imprescindible en caso de superficies de aplicación grandes. No obstante, si después de la aplicación del material soldante en las mismas, debe fijarse por material soldante p.ej. un circuito impreso, como es el caso cuando se trata de líneas de conexión cuando las piezas de trabajo son células solares, debiendo fijarse por soldadura por lo tanto tiras de material soldante estrechas, al fijar el material soldante por soldadura no quedaría garantizado que las fuerzas separadoras del circuito impreso serían constantes a lo largo de toda la longitud del circuito impreso, si no se mantiene una temperatura constante en grado suficiente. Esto es el caso, en particular, si la sección transversal del circuito impreso es inferior a  $5 \text{ mm}^2$ .

15 Una temperatura constante en la zona a soldar se consigue si se transporta el material soldante por un dispositivo de calefacción que irradia el calor directamente a la pieza de trabajo. El material soldante puede transportarse por una placa metálica que se extiende a lo largo de la pieza de trabajo. También se necesitan elementos de calefacción de una potencia suficiente. Los elementos de calefacción y la capacidad térmica deben concebirse de tal modo que pueda alimentarse y evacuarse en poco tiempo calor de fusión y calor de cristalización. Como ya se ha mencionado  
20 anteriormente, la alimentación de calor de fusión se realiza independientemente de la temperatura del sonotrodo, que también puede ser calentado.

25 La evacuación de calor debería producirse sustancialmente en el interior de la pieza de trabajo, como en una plaquita de silicio como pieza de trabajo, que evacua el calor al aire ambiente. El calor transmitido sólo conduce a un calentamiento reducido de la plaquita de silicio propiamente dicha, de modo que posteriormente puede proseguirse directamente con el procesamiento.

La doctrina según la invención incluye, no obstante, también la posibilidad de que, inmediatamente después de la acción de ultrasonidos sobre el material soldante fijado por soldadura, se fija por soldadura un conductor como una línea de conexión de una célula solar.

30 El material soldante y el sonotrodo deberían ponerse en contacto directo en un solo punto con la metalización de la célula solar como pieza de trabajo, pudiendo ser la distancia  $a$  entre el sonotrodo y la metalización:  $0 < a \leq 500 \text{ } \mu\text{m}$ , en particular  $50 \text{ } \mu\text{m} \leq a \leq 100 \text{ } \mu\text{m}$ .

Según la invención, la potencia y la frecuencia del ultrasonido, temperatura de aportación de material soldante y la temperatura de soldadura se controlan o regulan de forma independiente, de modo que se evita la soldadura del material soldante en la pieza de trabajo que pueda conducir a daños como la formación de roturas y fisuras.

35 El que no se produzcan fisuras durante la soldadura por ultrasonidos según la invención, en particular en un componente semiconductor como una célula solar, se garantiza mediante la aportación de calor muy cuidadosa. Según la invención, la aportación de calor se produce mediante el material soldante calentado propiamente dicho, aunque el componente semiconductor puede calentarse mediante una calefacción adicional, sin que esto sea imprescindible. Por lo contrario, en particular está previsto que la temperatura del proceso necesaria se aplique  
40 exclusivamente mediante el material soldante calentado. Puede estar prevista una calefacción adicional si se desea minimizar el enfriamiento del material soldante por la conducción del calor en la pieza de trabajo. Si bien, en el caso de células solares, la capacidad térmica y también la conducción de calor son bajas debido al espesor reducido, como p.ej. de hasta  $200 \text{ } \mu\text{m}$ , y como en la posterior soldadura de líneas de conexión también se aplican solo cantidades de material soldante relativamente reducidas, puede llegar a aplicarse dado el caso una calefacción  
45 adicional para garantizar resultados reproducibles.

No obstante, tampoco se sale del alcance de la invención si se usa un dispositivo de calefacción adicional, que puede servir, por un lado, para el calentamiento previo del componente semiconductor y, por otro lado, para la fusión o el calentamiento del material soldante.

50 Para ello puede usarse p.ej. una tobera de aire caliente, que calienta previamente la célula solar o que funde el material soldante. En este caso, no es necesario que el dispositivo de calefacción se deslice a lo largo del material semiconductor.

Gracias al ajuste de la temperatura del material soldante y de la del sonotrodo y del dispositivo de calefacción, a partir del punto soldado se forma un gradiente de temperatura que excluye una formación de fisuras gracias a la doctrina según la invención. Gracias al ajuste de la potencia y de la frecuencia del dispositivo de ultrasonidos se

garantiza, además, que el material soldante consiga una unión o una aleación en el grado deseado con el material de la pieza de trabajo, en el caso de la cara posterior de una célula solar con una capa de aluminio sinterizada o aplicada por deposición catódica, y que quede garantizada una adherencia suficiente con la consecuencia de que las fuerzas separadoras que actúan sobre los circuitos impresos a soldar posteriormente no conduzcan a una separación.

Se ha mostrado que, en caso de que el calor del proceso se aplique mediante el material soldante, preferiblemente exclusivamente mediante el material soldante a las piezas de trabajo, como células solares con tendencia a la rotura, se proporciona un procedimiento extremadamente cuidadoso.

Gracias a la aplicación de ultrasonido queda garantizado que se rompan capas de óxido eventualmente existentes en la superficie de las piezas de trabajo, en las que debe soldarse el material soldante, de modo que se permite la unión deseada entre el material soldante y el material o una aleación del material soldante con el material en un grado suficiente. Una explicación posible es que al aplicar vibraciones ultrasónicas al material soldante fundido se generan cavidades que se colapsan y que aportan ondas de choque al material de la metalización. Gracias a esta carga micromecánica, se destruye la microestructura dispuesta por debajo y se estimula p.ej. una formación de una aleación con el material soldante. Las capas de óxido que se encuentran en la superficie del metal quedan destruidas, de modo que es posible un proceso de soldadura sin fundente. Si debe generarse una aleación suficientemente resistente, la temperatura de soldadura se elige suficientemente elevada, teniéndose en cuenta la condición supletoria de que no deben perjudicarse las propiedades fotovoltaicas de una célula solar, en caso de usarse una célula solar como pieza de trabajo.

Si el material soldante debe fijarse por soldadura en una capa de aluminio, pueden ser necesarias temperaturas de hasta 500°C. Está previsto que la temperatura del material soldante se ajuste entre 180°C y 500°C, preferiblemente 250°C y 400°C en un material soldante que está hecho de estaño o que contiene estaño. De este modo no se influye negativamente en las propiedades de una célula solar.

En el sonotrodo se generan ondas longitudinales estacionarias que se extienden en la dirección longitudinal del sonotrodo. El sonotrodo está concebido de tal modo a la longitud de la onda que la amplitud máxima se extiende en la cabeza del sonotrodo, es decir, la punta que está en contacto con el material soldante. De este modo pueden formarse las cavidades deseadas. Si deben destruirse en particular capas de óxido, puede ser ventajoso que el eje longitudinal del sonotrodo no coincida con la perpendicular, que sale de la superficie de la pieza de trabajo que está orientada hacia el sonotrodo. Por lo tanto, según la invención está previsto que el eje longitudinal del sonotrodo respecto a la perpendicular pueda ajustarse en un ángulo definido. Este está situado entre 0° y 90°, debiendo ajustarse un ángulo entre 20° y 60° respecto a la perpendicular si el eje longitudinal del sonotrodo y la perpendicular no deben coincidir. De este modo pueden romperse las capas de óxido en el grado necesario, como es el caso en la soldadura de metal por ultrasonidos.

Independientemente de ello, en una variante de la doctrina según la invención, el sistema de ultrasonidos puede ser activo de forma ininterrumpida, para conseguir una estabilidad en el proceso, para evitar desviaciones de la resonancia que se producen eventualmente al mandar los sistemas de ultrasonidos. Un accionamiento ininterrumpido de los sistemas de ultrasonidos conduce también a la ventaja de que se estabilizan propiedades de humectación que dependen del material soldante.

Otra idea propia de la invención a destacar prevé que en el caso de que los componentes semiconductores sean células solares, en lugar de los colectores (busbar o barras bus) hechos habitualmente p.ej. de plata, sean unas tiras de material soldante las que unan los colectores (dedos) aplicados previamente en la célula solar.

Puesto que las barras bus en forma de las tiras de material soldante deben conectar los dedos de forma eléctricamente conductora sin que deba producirse un contacto directo con la capa semiconductor orientada hacia ellos de la célula solar, por lo que se generarían cortocircuitos, debe quedar garantizado que al fijar por soldadura las tiras de material soldante mediante ultrasonidos, la capa exterior de la célula solar, hecha en particular de SiN<sub>x</sub>, que sirve como capa antirreflejante, no quede destruida. Para ello se aprovecha según la invención la idea de que el eje longitudinal del sonotrodo está dispuesto de tal modo que encierra un ángulo superior a 0°, en particular en el intervalo entre 20° y 60° respecto a la perpendicular que parte de la superficie de la célula solar. Gracias a ello, durante la soldadura por ultrasonidos actúan las componentes transversales de las vibraciones ultrasónicas, de modo que puede realizarse de forma selectiva una soldadura con los dedos (tiras o barras de material soldante), sin que quede destruida la capa frontal como la capa de SiN<sub>x</sub> de tal modo que se establezca un contacto con la capa semiconductor que se encuentra por debajo. La soldadura de las tiras de material soldante se realiza preferiblemente a frecuencias ultrasónicas bajas, en el intervalo entre 20 y 40 kHz.

En particular, está previsto que las ondas ultrasónicas se apliquen cuando el eje longitudinal del sonotrodo esté orientado de forma inclinada, o en un caso extremo, en paralelo al plano formado por la pieza de trabajo. También puede realizarse una estimulación del sonotrodo con una frecuencia que no sea la frecuencia natural. Esto puede producirse mediante una desintonización del sonotrodo o mediante una elección de una longitud del sonotrodo que

no sea  $\lambda/2$  o un múltiplo de número entero de  $\lambda/2$ .

5 Según la invención, el material soldante puede aplicarse en forma de tiras de material soldante, que están hechas en particular de estaño, y que se aplican con una velocidad entre 2 mm/s y 200 mm/s, en particular entre 22 mm/s y 80 mm/s. También existe la posibilidad de aplicar las tiras de material soldante con ultrasonido como barras bus en la cara delantera de una célula solar. Las tiras de material soldante, es decir, preferiblemente las tiras de estaño, deberían tener una anchura entre 1 y 3 mm, preferiblemente de aproximadamente 2 mm.

En una variante de la invención está previsto que el material soldante contenga material abrasivo, para romper en particular la superficie de la capa metálica en la que debe soldarse el material soldante o para eliminar capas de óxido.

10 Por ejemplo, pueden usarse aditivos abrasivos, como se indican en el documento DE-T-692 22 611, a cuyo objeto se hace expresamente referencia.

15 De forma complementaria o alternativa pueden usarse componentes de aleación disueltas en el material soldante y que se precipitan al enfriarse el material soldante, que forman precipitados lo más duros posibles. P.ej. un material soldante hecho de estaño o que contiene estaño que está enriquecido con el elemento metálico Me puede precipitar al enfriar un poco partículas de sólidos de un tamaño del orden de micrómetros del elemento Me o del compuesto  $Sn_xMe_{1-x}$ , que pueden reforzar p.ej. la abrasión mecánica de una capa de óxido. El Me puede ser al menos un metal del grupo Zn, Ag, Cu, Al, Mg, Ca, Ba, Pb, Sb, Bi, Ni, Ge, Si.

20 Además, la invención prevé que antes de la aplicación del material soldante, una capa de óxido existente en la pieza de trabajo, como una capa de óxido de aluminio, se alisa p.ej. repasándola con una herramienta. Gracias a estas medidas, la capa de óxido se deforma plásticamente, por lo que se produce una destrucción debido a la fragilidad existente.

25 Gracias a la aplicación de ultrasonido y a la orientación del mismo respecto a la perpendicular, pueden destruirse las capas de óxido existentes, como capa de óxidos de aluminio, gracias al ultrasonido acoplado durante la soldadura. Al mismo tiempo, se rompe la microestructura de la capa superficial de la herramienta por las cavidades que se forman por el ultrasonido acoplado en el material soldante y el colapso de éstas, de modo que es posible una incorporación por aleación del material soldante en el material de las capas. Se forma una aleación entre el material soldante y el material de las capas. En el grado de esta reacción parcial puede influirse mediante la posición angular del eje longitudinal del sonotrodo respecto a la perpendicular de la superficie de la pieza de trabajo y puede optimizarse según el material de las capas de metalización en el que debe soldarse el material soldante.

30 Otra magnitud del proceso a tener en cuenta es la distancia entre la cabeza del sonotrodo, es decir la punta y la superficie de la pieza de trabajo, mediante la cual se predetermina el espesor de la capa del material soldante (altura) encima de la pieza de trabajo. El espesor puede ajustarse mecánicamente de una forma sencilla.

35 Esto puede realizarse mediante la distancia del sonotrodo, es decir, de la cabeza o punta de la superficie de la pieza de trabajo. En particular está previsto que mediante un tornillo micrométrico se ajusta el sonotrodo a una distancia entre 0  $\mu\text{m}$  y 500  $\mu\text{m}$ , preferiblemente entre 50  $\mu\text{m}$  y 100  $\mu\text{m}$  de la superficie, de modo que así se predetermina la profundidad de fusión.

40 El sonotrodo, es decir, su punta debería estar dispuesto además entre patines del dispositivo de calefacción que se apoyan dado el caso en la herramienta, y concretamente, visto en la dirección longitudinal de los patines, en la zona de los extremos delanteros de éstos o delante de éstos. Los patines deberían presentar la temperatura de la calefacción del material soldante, es decir, la temperatura del material soldante al salir del dispositivo de calefacción, de modo que se presentan condiciones térmicas definidas.

El dispositivo de ultrasonidos que se usa, que comprende un sonotrodo o un elemento que actúa de la misma manera, debería estimularse con una frecuencia entre 20 kHz y 100 kHz, preferiblemente en el intervalo entre 40 kHz y 80 kHz.

45 Para que las piezas de trabajo en las que se fija el material soldante puedan procesarse sin roturas, las piezas de trabajo se alojan de forma elástica, por así decirlo. Para ello, por ejemplo está previsto que las piezas de trabajo se introduzcan mediante correas dentadas, anillos de cordeles o correas planas en una zona a soldar, en la que está dispuesto el dispositivo de calefacción con el sonotrodo. Puesto que al bajar el sonotrodo de ultrasonidos a la pieza de trabajo se aplica a ésta una fuerza a través del material soldante, que podría conducir a una deformación, se produce un apoyo suave o elástico, que como se ha mencionado se realiza en particular mediante apoyo en correas de transporte, que compensan una desviación de la pieza de trabajo al colocarse el sonotrodo de ultrasonidos. Por lo tanto, una deformación de la pieza de trabajo, que puede ser distinta entre pieza de trabajo y pieza de trabajo, no puede conducir a daños. Además, así resulta la ventaja de que no sea imprescindible un posicionamiento con una

precisión de micrómetros del sonotrodo respecto a la superficie de la pieza de trabajo, puesto que las cintas transportadoras o correas aprietan la pieza de trabajo con una fuerza sustancialmente constante, reducida en dirección al sonotrodo.

5 Por lo tanto, un dispositivo del tipo indicado al principio también está caracterizado porque el dispositivo de transporte transporta la pieza de trabajo de forma elástica por la zona a soldar.

Se propone que el dispositivo de transporte transporte la pieza de trabajo de forma elástica por la zona a soldar apretando la misma en dirección al sonotrodo de ultrasonidos.

10 En particular, está previsto que el dispositivo de transporte comprenda primeros y segundos elementos de transportes, entre los que la pieza de trabajo está fijada por apriete, estando accionado el primer elemento de transporte de forma activo y estando accionado el segundo elemento de transporte por cierre de fuerza por fricción con el primer elemento de transporte o la pieza de trabajo.

15 En particular, el primero y el segundo elemento de transporte son elementos planos o redondos sin fin, como correas planas o cordeles, presentando el primero y/o el segundo elemento de transporte dos elementos planos o redondos sin fin dispuestos a distancia entre sí, que pasan respectivamente por poleas de inversión que parten de un eje común. El primer dispositivo de transporte debería estar accionado por un tercer dispositivo de transporte, mediante el cual la pieza de trabajo puede alimentarse al primero y segundo dispositivo de transporte, en cuya zona se extiende la zona a soldar.

20 El dispositivo de calefacción y el sonotrodo de ultrasonidos deberían partir de un soporte común, respecto al cual pueden ajustarse el dispositivo de calefacción y el sonotrodo de ultrasonidos como unidad respecto al plano de transporte de la pieza de trabajo, que está definido por el primer dispositivo de transporte. Además, es posible un ajuste relativo entre el sonotrodo de ultrasonidos y el dispositivo de calefacción para poder ajustar el espesor (la altura) del material soldante a aplicar. La anchura depende adicionalmente de la cantidad de la aplicación del material soldante.

25 El dispositivo de calefacción presenta una abertura de salida que suministra material soldante fundido y que está orientada hacia el plano de transporte. Además, el sonotrodo con su punta de sonotrodo que está en contacto con el material soldante fundido puede estar dispuesto directamente en la zona de la abertura de salida o a distancia de la misma.

30 Además, está previsto que el dispositivo presente al menos un canal de conducción de gas aislado respecto al dispositivo de calefacción desde el cual puede alimentarse gas protector a la zona a soldar. Puede ser argón, nitrógeno o formigás.

En una variante de la invención está previsto que el dispositivo de calefacción o el sonotrodo de ultrasonidos o el soporte común tenga asignado un dispositivo de limpieza, para eliminar incrustaciones del material soldante en el dispositivo de calefacción o el sonotrodo. También puede estar previsto un dispositivo alimentador de material soldante, para eliminar impurezas del material soldante.

35 Puesto que todos los componentes sustanciales relevantes para el proceso parten del soporte común, puede realizarse un mantenimiento sencillo.

Otros detalles, ventajas y características de la invención no solo resultan de las reivindicaciones, de las características indicadas en las mismas, por separado y/o en combinación, sino también de la descripción expuesta a continuación de un ejemplo de realización preferible.

40 Muestran:

La Figura 1 una vista lateral de un dispositivo de transporte.

La Figura 2 un corte a lo largo de A-A en la Figura 1.

La Figura 3 un diagrama esquemático de un dispositivo para el suministro de material soldante fundido con dispositivo de ultrasonidos.

45 La Figura 4 un detalle de la disposición según la Figura 3.

La Figura 5 un posicionamiento de un sonotrodo de un dispositivo de ultrasonidos respecto a un componente semiconductor.

La Figura 6 un posicionamiento alternativo del sonotrodo respecto al componente semiconductor según la Figura 5.

La Figura 7 una disposición en el detalle para el calentamiento de un componente semiconductor.

La Figura 8 una disposición para alisar una banda de material soldante.

La Figura 9 un diagrama esquemático de una célula solar en una vista en planta desde arriba.

- 5 En las Figuras, en las que los elementos que son sustancialmente iguales están provistos de los mismos signos de referencia, se muestran disposiciones puramente esquemáticas y medidas para la aplicación de material soldante en una pieza de trabajo plana y la fijación por soldadura del material soldante en la pieza de trabajo. La doctrina según la invención se explicará a continuación con ayuda de una célula solar como pieza de trabajo, sin que esto deba suponer una restricción. También los dispositivos de transporte descritos han de entenderse a título de ejemplo y pueden ser sustituidos por elementos que actúan de la misma manera, que garanticen el efecto explicado, de modo que los conceptos técnicos correspondientes han de entenderse como sinónimos.

La Figura 1 muestra un sistema de transporte 10, mediante el cual se transportan células solares 12 por una estación de soldadura, que está indicada de forma esquemática en la Figura 3 y que está designada con el signo de referencia 14.

- 15 Un dispositivo de transporte 20 comprende dos correas dentadas 22, 24 dispuestas a distancia entre sí, que están accionadas por poleas de correa dentada 26, 28 comunes. Las correas dentadas 22, 24 accionan mediante un árbol 27 poleas de correa dentada 29, 30 conectadas entre sí. Del árbol 27 parte una polea de correa plana 32, alrededor de la cual pasa una correa plana 34 altamente elástica, accionada por la misma. La correa plana 34 pasa además alrededor de otra polea de correa plana 36. En la representación en el dibujo de la Figura 1, por encima de la correa plana 34 pasa una correa plana 42 que pasa alrededor de poleas de inversión 38, 40, transportándose la célula solar 12 entre esta correa y la correa plana 34 altamente elástica por la estación de soldadura 14. El transporte de la correa plana 42 se realiza, por consiguiente, por cierre de fuerza por fricción con la correa plana 34 o la célula solar 12 a procesar, siempre que la misma se haya introducido mediante las correas dentadas 22, 24 a la zona entre las correas planas 34, 42. La orientación de las correas planas 34, 42 y por lo tanto sus alojamientos se realiza de tal modo que está disponible el espacio libre necesario entre las correas planas 34, 42 para el transporte de la célula solar 12.

En una comparación de las Figuras 1 y 2 se muestra claramente que la célula solar 12 es cogida aproximadamente en el centro por las correas planas 34, 42 y es transportada mediante éstas.

- 30 Por supuesto, también existe la posibilidad de usar correa planas inferiores dispuestas a distancia entre sí y dos correas planas superiores asignadas a éstas para el transporte de la célula solar 12, de modo que ésta entra en contacto con las correas planas en dos zonas en forma de bandas, dispuestas a distancia entre sí.

La dirección de transporte es designada con T.

- 35 Para aplicar material soldante en la célula solar 12 y soldarlo allí, la estación de soldadura 14 se ajusta en dirección a la célula solar 12 cuando la célula solar 12 se encuentra en la zona de la estación de soldadura 14, lo que puede detectarse mediante un sensor no representado. Las señales de control necesarias para ello pueden ser generadas por el al menos un sensor. El ajuste de la estación de soldadura 14 en dirección a la célula solar 12 se realiza de la forma descrita a continuación, para que se produzca un contacto entre una cabeza de sonotrodo 44 de un emisor de ultrasonidos 58 y el material soldante que sale de la estación de soldadura 14 y que se aplica en la célula solar 12. La correa plana 34 altamente elástica accionada genera la fuerza antagonista necesaria para el establecimiento de contacto sin roturas entre la cabeza del sonotrodo 44 y la célula solar 12 y, en caso de que existan, los patines 46, 48 colocados en la célula solar 12 del dispositivo de calefacción 50. Al dispositivo de calefacción 50 se alimenta material soldante mediante una alimentación 52, fundiéndose este material soldante en el dispositivo de calefacción 50 y aplicándose en la célula solar 12 mediante una abertura de salida 54, directamente delante de la cabeza del sonotrodo 44. El dispositivo de alimentación 52 está aislado respecto al dispositivo de calefacción 50 mediante un aislamiento de alimentación 56.

El módulo de elasticidad  $E$  en  $\text{kN/mm}^2$  de la correa plana 34 debería estar situado entre  $0,01 \text{ kN/mm}^2$  y  $0,1 \text{ kN/mm}^2$  para alojar la célula solar con una elasticidad suficiente, para que se excluya una destrucción de la célula solar 12 durante la aplicación del material soldante y la cooperación con el sonotrodo 44 o las vibraciones ultrasónicas aplicadas por el mismo.

- 50 Si el elemento de transporte es p.ej. una correa de accionamiento, esta correa aprieta la pieza de trabajo con una fuerza  $K$ , que según la Ley de Hooke es proporcional a la desviación  $\Delta x$ , contra el sonotrodo:  $K = k \cdot \Delta x$ .



## ES 2 497 571 T3

La constante de proporcionalidad está situada entre 1 N/mm y 100 N/mm, siendo preferible  $5 \text{ N/mm} \leq k \leq 50 \text{ N/mm}$ . Este valor es válido si la pieza de trabajo es una célula solar con tendencia a la rotura de un espesor de 160 a 200  $\mu\text{m}$ . Con una desviación de 0,2 mm, la fuerza es de 2 N.

5 En este caso, el módulo de elasticidad de la correa era de 0,01 kN/mm<sup>2</sup> a 0,1 kN/mm<sup>2</sup>. Esto sólo es un ejemplo. También es posible comprobar mediante un experimento si la célula solar o una pieza de trabajo a elegir libremente sufre fisuras o se rompe bajo la presión del sonotrodo.

10 La cabeza del sonotrodo 44 es la punta del emisor de ultrasonidos 58, que es uno del tipo conocido por la soldadura por ultrasonidos de metal. Dado el caso, el emisor 58 puede comprender un booster. El emisor de ultrasonidos genera vibraciones ultrasónicas en el intervalo de frecuencias deseado, preferiblemente en el intervalo entre 20 kHz y 80 kHz. Se trata de ondas longitudinales, estando sintonizado el emisor 58 de tal modo a la longitud de onda de las vibraciones ultrasónicas que una amplitud máxima se extiende en la zona de la cabeza del sonotrodo 44, concretamente en la zona en la que la cabeza del sonotrodo 44 entra en contacto con el material soldante aplicado en la célula solar 12.

15 La cabeza del sonotrodo 44 entra con su punta en contacto con el material soldante que se ha aplicado en la superficie de la célula solar 12. Esto resulta en principio también de las Figuras 5 a 7. Puesto que el material soldante no debe calentarse mediante la cabeza del sonotrodo 44 o la punta de la misma, puede reducirse el diámetro de la cabeza del sonotrodo o de la punta. De este modo puede minimizarse la superficie de contacto entre la cabeza del sonotrodo 44 y el material soldante en comparación con las disposiciones conocidas en el grado deseado, para fabricar tanto circuitos impresos estrechos como anchos, según lo deseado. La extensión de la punta de la cabeza del sonotrodo 44 en la dirección transversal respecto a la dirección de aplicación del material soldante, es decir, en la dirección transversal respecto a la dirección de transporte T, puede estar situada sin más en el intervalo entre 0,5 mm y 5 mm.

20 En las Figuras se ve además de forma esquemática que puede alimentarse a través de una válvula 60 gas protector a través de canales al punto a soldar, es decir, a la zona en la que el material soldante sale de la tobera 54 y entra en contacto con la cabeza del sonotrodo 44. Para ello, el canal de tobera 62 está correspondientemente aislado respecto al dispositivo de calefacción 50 (signo de referencia 64).

25 Para poder orientar la unidad dispositivo de calefacción 50 – emisor 58 respecto a la superficie de la célula solar 12, la estación de soldadura 14 parte de una placa de montaje 66, que está unida a un soporte estacionario como un bastidor.

30 Para que la calefacción 50 y, por consiguiente, los patines 46, 48 y el emisor 58 y, por lo tanto, la cabeza del sonotrodo 44 puedan ajustarse en la dirección x, a la placa de montaje 66 está unida una placa angular 68, que está formada por dos elementos de placa 70, 72 ajustables uno respecto al otro. Respecto al punto de unión de los elementos de placa 70, 72 puede ajustarse un ángulo de  $\pm 5^\circ$  respecto a la vertical (dirección Z).

35 La placa angular 68 está unida mediante una placa adaptadora 74 con una unidad de elevación 76, mediante la cual la unidad emisor 58 – calefacción 50 es ajustable en la dirección z. La unidad de elevación 76 permite, por lo tanto, bajar o subir la célula solar 12 a procesar.

40 Una unidad de ajuste fino 78 está unida mediante una placa adaptadora 80 con la unidad de elevación 76. La unidad de ajuste fino 78 permite otro ajuste en la dirección z, para permitir de este modo un ajuste exacto de la cabeza del sonotrodo 44 respecto a la célula solar 12, es decir, respecto a la superficie de la misma, por lo que se predetermina el espesor o la altura del material soldante a aplicar por soldadura.

La unidad de ajuste fino 78 se une mediante otra placa adaptadora 82 a un dispositivo de ajuste 84, que está unido a un elemento angular 86, del que parten la calefacción 50 y el emisor 58.

El dispositivo de ajuste 84 permite un ajuste del elemento angular 86 en la dirección y.

45 El dispositivo de calefacción 50 con el dispositivo de alimentación de material soldante 52 y la conexión de gas 60 así como los canales de gas 62 está unido rigidamente al elemento angular 86. El emisor 58 es ajustable respecto a éste mediante una unidad de ajuste 85 en la dirección z. Para ello, del dispositivo de ajuste 85 sale un elemento de fijación 88 como una abrazadera, en la que está alojado el emisor 58. El elemento de fijación 88 se extiende en el nudo de vibraciones del emisor 58.

50 Gracias a una estructura en este sentido de la estación de soldadura 14, existe la posibilidad de orientar el emisor 58 y, por lo tanto, la cabeza del sonotrodo 44 en un grado suficiente respecto a la superficie de la célula solar 12, para ofrecer al mismo tiempo, no obstante, en caso deseado también la posibilidad de que los patines 46, 48 del dispositivo de calefacción 50 estén apoyados en la superficie de la célula solar. No obstante, esto no es una

característica imprescindible. Por lo contrario, los patines 46, 48 que forman parte del dispositivo de calefacción 50 también pueden extenderse a distancia de la célula solar 12.

Si en el ejemplo de realización la estación de soldadura 14 está concebida de tal modo que el emisor 58 es ajustable exclusivamente en la dirección z respecto al elemento angular 86, desde el punto de vista constructivo también puede ofrecerse la posibilidad de que una orientación del eje longitudinal del emisor 58 se realice en un ángulo deseado respecto al eje z, que se extiende a lo largo de la perpendicular que parte de la superficie de la célula solar 12. Por lo tanto, existe la posibilidad de ajustar ángulos deseados de la cabeza del sonotrodo 44 respecto a la superficie, para poder romper en el grado necesario p.ej. capas de óxido, en caso de que esto no fuera posible en el grado necesario con una orientación del emisor 58 a lo largo de la perpendicular.

Para ilustrarlo más claramente, están representados unos diagramas esquemáticos de orientaciones de la cabeza del sonotrodo 44 respecto a la superficie de la célula solar 12 en las Figuras 5 y 6.

Como ya se ha explicado anteriormente, puede influirse en la acción de ultrasonidos de las ondas ultrasónicas transmitidas por el sonotrodo 42 al interior de la célula solar 12 mediante la forma del sonotrodo usado y la orientación respecto a la célula solar 12. En la figura 5, el sonotrodo está orientado con su dirección longitudinal 43 en paralelo a la perpendicular; que parte de la superficie de la célula solar 12. Por lo tanto, las vibraciones ultrasónicas generadas por el sonotrodo 44 presentan sustancialmente componentes de vibraciones longitudinales, que actúan sobre la célula solar 12 o el material soldante. El eje longitudinal del sonotrodo 43 se extiende en ángulo recto respecto a la superficie de la célula solar 12. Si la superficie de contacto 45 que entra en contacto con el material soldante del sonotrodo 44 se orienta en un ángulo  $\alpha$  con  $\alpha \neq 90^\circ$  respecto al eje longitudinal 43, la vibración ultrasónica generada se divide en una componente de vibración longitudinal y transversal (véase la Figura 6). Con esta variante se impide que p.ej. una capa superficial que no ha de destruirse, como la capa  $\text{SiN}_x$  de la célula solar 12, se cargue mecánicamente al fijar por soldadura el material soldante hasta tal punto que el material soldante entre directamente en contacto con la capa semiconductor, con la consecuencia de que se evitan cortocircuitos. Dicho de otro modo, hay que garantizar que la capa superficial siga siendo estanca.

Las medidas en este sentido son especialmente ventajosas si los colectores 112, 114, 116 que forman los dedos existentes en la cara delantera de la célula solar 12 se conectan de forma eléctricamente conductora mediante barras o tiras 118, 120 hechas de material soldante, sustituyendo por lo tanto los colectores o barras bus que según el estado de la técnica están hechos en particular de plata. De este modo se realiza una conexión eléctricamente conductora económica de los dedos 112, 114, 116. De las tiras de material soldante 118, 120 que forman las barras bus pueden partir a continuación los conectores que se necesitan para la interconexión de las células solares 12, como conectores de cobre estañados, que se unen mediante soldadura por ultrasonidos con las tiras de material soldante 118, 120. Los conectores correspondientes están designados en la Figura 9 con los signos de referencia 122, 124.

El calor necesario de la célula solar 12 para poder soldar el material soldante se transmite según la invención preferiblemente por el material soldante propiamente dicho, pudiendo realizarse dado el caso un calentamiento previo de la célula solar 12 mediante el dispositivo de calefacción 50 o los patines 46, 48.

También existe la posibilidad de que la cabeza del sonotrodo 44 se caliente a la temperatura del dispositivo de calefacción 50. No obstante, esto no es una característica imprescindible.

Puesto que el calor necesario para fundir el material soldante no se transmite a través de la cabeza del sonotrodo 44, a diferencia de las técnicas anteriormente conocidas, ésta puede estar realizada de forma relativamente estrecha o con una sección transversal o un diámetro reducido en la zona del contacto con el material soldante. En particular, está previsto que la extensión de la cabeza del sonotrodo en la dirección transversal respecto a la dirección de aplicación, que corresponde a la dirección de transporte T, esté situada entre 0,5 mm y 5 mm, pudiendo ser la sección transversal un círculo, una elipse o un rectángulo o cuadrado. En caso de un rectángulo, la longitud de los lados puede estar situada, por consiguiente, entre 0,5 mm y 5 mm en la dirección transversal respecto a la dirección de transporte y en el caso de un círculo o de una elipse, el diámetro o la extensión de la elipse en la dirección transversal a la dirección de transporte puede estar situada entre 0,5 mm y 5 mm, pudiendo elegirse también otras medidas, en particular extensiones hasta el orden de magnitud de cm, en caso de que fuera necesario.

Otra variante que entra en la doctrina según la invención se muestra en la Figura 7, para calentar la célula solar 12 en el grado deseado. En lugar del dispositivo de calefacción 50, que sirve para el calentamiento previo de la célula solar 12 y para la fusión o el calentamiento del material soldante, puede usarse un dispositivo de calefacción 51, que comprende una tobera de aire caliente. El aire caliente emitido por la tobera de aire caliente 51 sirve aquí para el calentamiento previo de la célula solar 12 o para la fusión o el calentamiento del material soldante. El aire calentado sale en un ángulo deseado a la zona de contacto entre la célula solar 12 y el material soldante, se orienta preferiblemente sobre la zona de contacto entre el sonotrodo 44 y la célula solar 12, como está indicado esquemáticamente en la Figura 7. Por lo tanto, el material soldante puede fundirse directamente en el sonotrodo 44 dado el caso también calentado, para fijar a continuación mediante soldadura por ultrasonidos el material soldante.

5 Para el procesamiento posterior puede ser deseable que el material soldante aplicado se alise o que se reduzca una oxidación existente y/o que se eliminen eventuales impurezas en la superficie, puesto que por la acción de ultrasonidos la superficie de contacto eléctricamente conductora en la célula solar tiende a una mayor oxidación por las irregularidades e impurezas. Para reducir la oxidación y eliminar eventuales impurezas en la superficie, según la invención está previsto que se realice una nueva fusión y un alisamiento de la superficie de contacto. Para ello, en la Figura 8 está previsto en principio que la superficie de contacto a soldar se funda tras la solidificación con ayuda de un elemento de calefacción como una barra de calefacción 126 y que se funda y alise gracias a un movimiento relativo entre la célula solar 12 la barra de calefacción 126. La banda de material soldante o la tira de material soldante correspondiente está designada en la Figura 8 con el signo de referencia 128.

10 Estas medidas pueden realizarse en la estación de soldadura 14 propiamente dicha, aunque sólo si no se aplica por soldadura inmediatamente con la aplicación del material soldante en la banda de material soldante un conductor eléctrico.

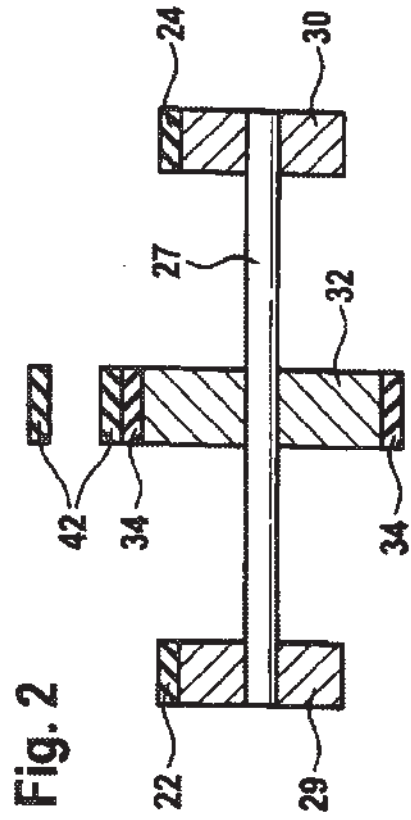
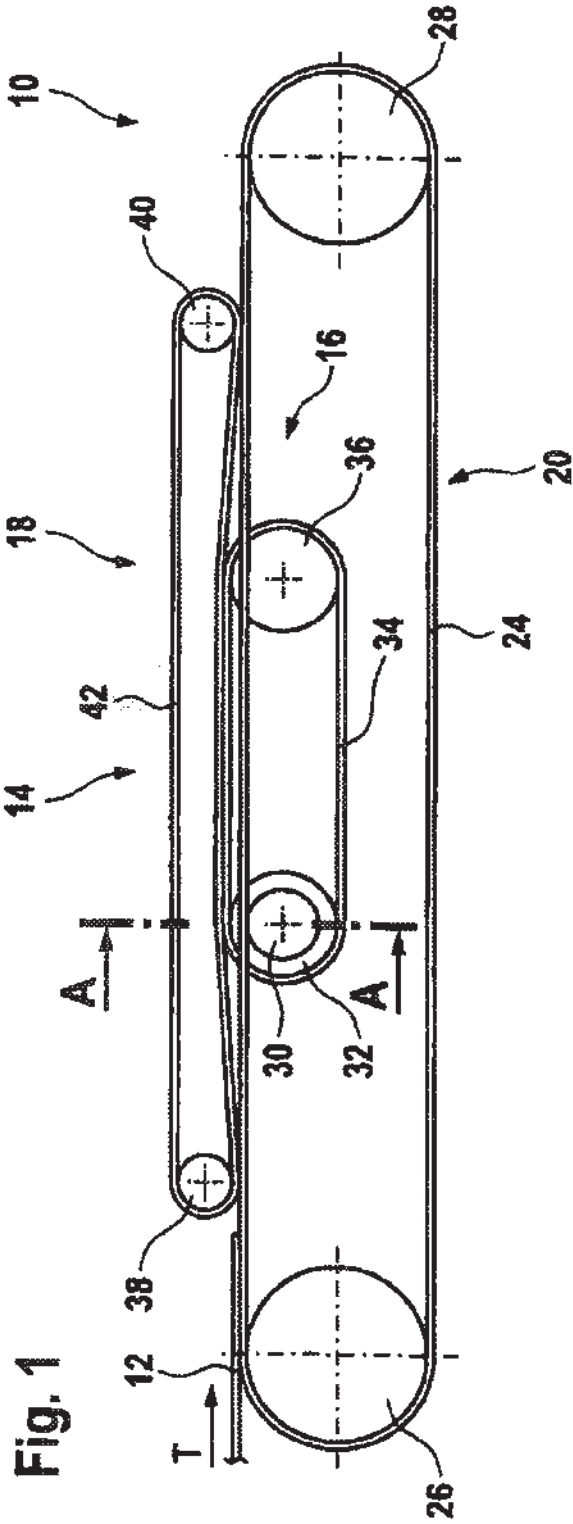
15 El procedimiento según la invención es especialmente adecuado para un procedimiento continuo. Unos componentes semiconductores como células solares pueden ser provistos paralelamente al mismo tiempo de bandas de material soldante en varias vías. Para fijar mediante soldadura por ultrasonidos bandas de material soldante correspondientes tanto en la cara posterior como en la cara delantera, las células solares pueden ser entregadas por una primera estación de soldadura a una segunda estación de soldadura. Esto puede realizarse p.ej. con ayuda de una rueda de inversión u otro dispositivo adecuado.

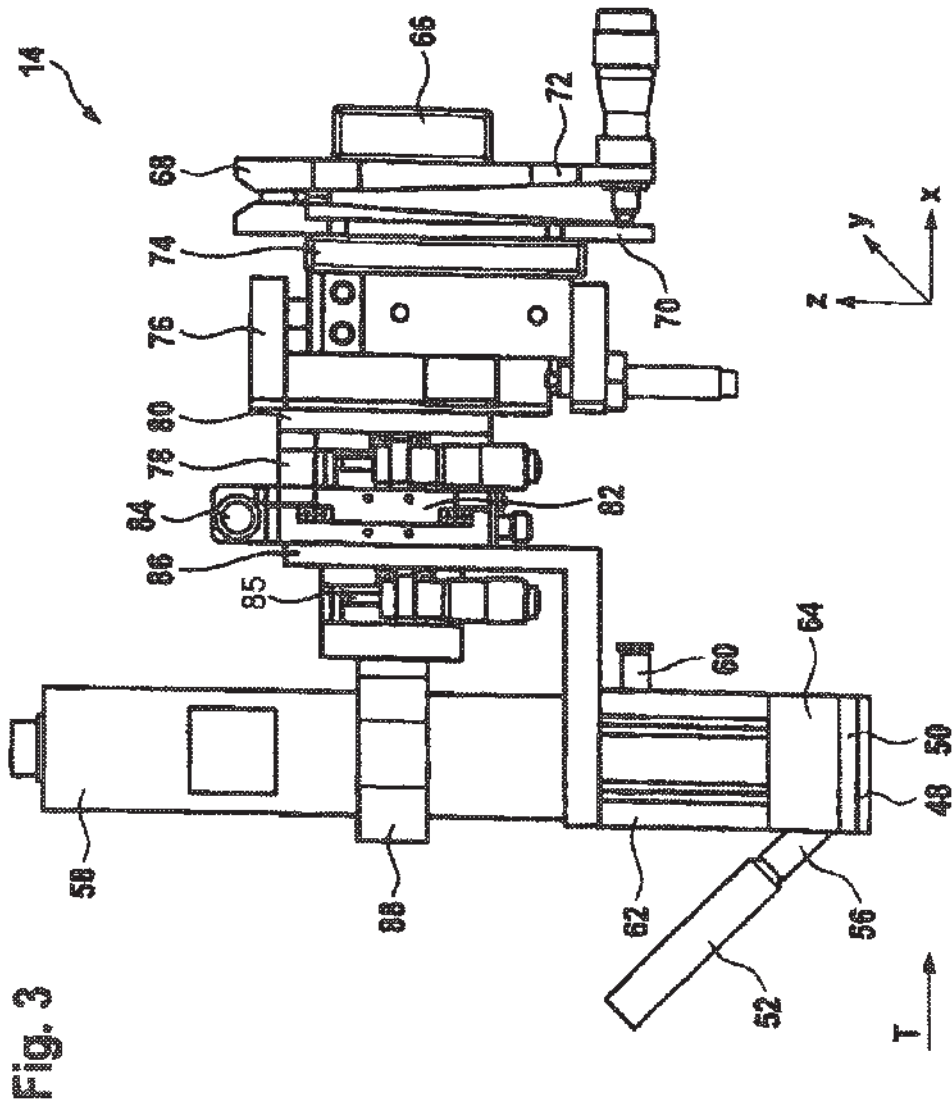
20

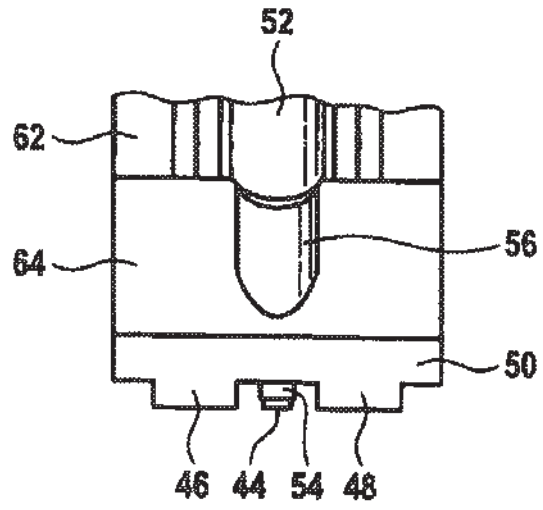
## REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento para la aplicación de material soldante en una pieza de trabajo, preferiblemente en un componente semiconductor como una célula solar, soldándose el material soldante a una temperatura de soldadura  $T_L$  y mediante un sonotrodo bajo la acción de ultrasonidos, calentándose además el material soldante mediante un dispositivo de calefacción, aplicándose en la pieza de trabajo y soldándose bajo la acción de ultrasonidos, caracterizado porque la pieza de trabajo está alojada durante el proceso de soldadura de forma elástica apretándose la pieza de trabajo en dirección al sonotrodo mediante un dispositivo de transporte que transporta la pieza de trabajo.
- 10 2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque el material soldante se calienta mediante el dispositivo de calefacción a una temperatura  $T_L$  con  $T_L \geq T_M$ , siendo  $T_M \neq$  la temperatura de fusión del material soldante.
- 15 3. Procedimiento de acuerdo con al menos la reivindicación 1, caracterizado porque el calor necesario para el proceso de soldadura se transmite mediante el material soldante a la pieza de trabajo, calentándose en particular el material soldante mediante el dispositivo de calefacción, que preferiblemente con un movimiento relativo entre la pieza de trabajo y el dispositivo de calefacción entra al menos temporalmente en contacto con la pieza de trabajo, deslizándose en particular a lo largo de la pieza de trabajo.
- 20 4. Procedimiento de acuerdo con al menos la reivindicación 1, caracterizado porque la altura del material soldante encima de la pieza de trabajo se ajusta mediante la distancia entre la cabeza del sonotrodo o la punta de éste y la pieza de trabajo y/o mediante la cantidad de aplicación del material soldante y porque el eje longitudinal del sonotrodo que aplica el ultrasonido está orientado preferiblemente en un ángulo  $\alpha$  respecto a la perpendicular que parte de la pieza de trabajo, siendo  $0^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$ , preferiblemente  $20^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$ .
- 25 5. Procedimiento de acuerdo con al menos la reivindicación 1, caracterizado porque para la aplicación de las vibraciones ultrasónicas se usa un sonotrodo con una cabeza de sonotrodo con una zona que entra en contacto con el material soldante, que está hecha de material duro o lo presenta, en particular una capa de material duro, p.ej. de carburo de tungsteno, SiC, diamante y/o porque se usa un material soldante, que contiene un material abrasivo como  $Al_2O_3$ , SiC,  $Si_3N_4$ ,  $SiO_2$ , o porque se usa un material soldante que contiene un componente que se precipita al bajar la temperatura, que actúa como material abrasivo.
- 30 6. Procedimiento de acuerdo con al menos la reivindicación 1, caracterizado porque después de la solidificación del material soldante, éste vuelve a calentarse y alisarse mediante la aplicación de presión.
- 35 7. Procedimiento de acuerdo con al menos la reivindicación 1, caracterizado porque durante el proceso de soldadura del material soldante en la pieza de trabajo se aplica mediante soldadura un conductor eléctrico en el material soldante como una línea de conexión, o porque después de soldar el material soldante se aplica mediante soldadura en una etapa separada del procedimiento un conductor eléctrico en el material soldante soldado en la pieza de trabajo alimentándose energía térmica o porque en una célula solar como pieza de trabajo se aplica mediante soldadura el material soldante en bandas o tiras para la formación de barras bus para la conexión eléctricamente conductora con los colectores existentes en la célula solar.
- 40 8. Dispositivo para la aplicación y la fijación por soldadura de un material soldante en una zona a soldar en una pieza de trabajo (12), en particular en un componente semiconductor como una célula solar, que comprende un dispositivo de alimentación de material soldante (54), un dispositivo de calefacción (50) para el material soldante, un sonotrodo de ultrasonidos (58), así como un dispositivo de transporte (10) para el transporte de la pieza de trabajo tanto respecto al dispositivo de calefacción como respecto al sonotrodo de ultrasonidos, caracterizado porque el dispositivo de transporte (10) transporta la pieza de trabajo (12) de forma elástica por la zona a soldar apretándola en dirección al sonotrodo de ultrasonidos (58).
- 45 9. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 8, caracterizado porque el dispositivo de transporte (10) presenta un primero y un segundo elemento de transporte (16, 18), entre los que la pieza de trabajo (12) está fijada por apriete, estando accionado el primer elemento de transporte (16) de forma activa y el segundo elemento de transporte (18) por cierre de fuerza por fricción con el primer elemento de transporte o la pieza de trabajo o por un accionamiento propio adicional, siendo preferiblemente el primero y el segundo elemento de transporte (16, 18) elementos planos o redondos sin fin, como correas planas o cordeles y/o presentando el primero y/o el segundo elemento de transporte (16, 18) dos elementos planos o redondos sin fin dispuestos a distancia entre sí, que pasan respectivamente por poleas de inversión (29, 30) que parten de un eje común (26), pudiendo estar accionado el primer dispositivo de transporte (16), dado el caso, por un tercer dispositivo de transporte (20), mediante el cual la pieza de trabajo (12) puede alimentarse al primero y al segundo dispositivo de transporte (16, 18).
- 50

10. Dispositivo de acuerdo con al menos la reivindicación 8, caracterizado porque el dispositivo de calefacción (50) y el sonotrodo de ultrasonidos (58) son ajustables como unidad respecto al primer dispositivo de transporte (16) que define el plano de transporte de la pieza de trabajo (12), siendo ajustables, dado el caso, el dispositivo de calefacción (50) y el sonotrodo de ultrasonidos (58) uno respecto al otro y respecto al plano de transporte.
- 5 11. Dispositivo de acuerdo con al menos la reivindicación 8, caracterizado porque el dispositivo de calefacción (50) presenta una abertura de salida (54) que suministra material soldante fundido y que está orientada hacia el plano de transporte, estando dispuesto con preferencia el sonotrodo de ultrasonidos (58) con su cabeza de sonotrodo (44) que está en contacto con el material soldante fundido directamente en la zona de la abertura de salida (54) o a distancia de la misma.
- 10 12. Dispositivo de acuerdo con al menos la reivindicación 8, caracterizado porque el dispositivo presenta al menos un canal de alimentación de gas (62) aislado respecto al dispositivo de calefacción (50) desde el cual puede alimentarse gas protector a la zona a soldar.
- 15 13. Dispositivo de acuerdo con al menos la reivindicación 8, caracterizado porque el dispositivo de calefacción (50) presenta en el lado de la pieza de trabajo al menos un patín (46, 48) y puede apoyarse preferiblemente mediante el al menos un patín (46, 48) deslizando en la pieza de trabajo (12).
14. Dispositivo de acuerdo con al menos la reivindicación 8, caracterizado porque mediante un sensor puede detectarse la pieza de trabajo (12) o el material soldante aplicado en la misma pudiendo orientarse el sonotrodo de ultrasonidos (58) en función de los valores determinados.
- 20 15. Dispositivo de acuerdo con al menos la reivindicación 8, caracterizado porque la zona del sonotrodo de ultrasonidos (58) que entra en contacto con el material soldante, que presenta preferiblemente una capa de material duro de carburo de tungsteno, carburo de silicio, nitruro de boro o diamante presenta una anchura que es igual o inferior a la anchura de una tira de material soldante fundido aplicada en la pieza de trabajo (12).







**Fig. 4**



Fig. 5

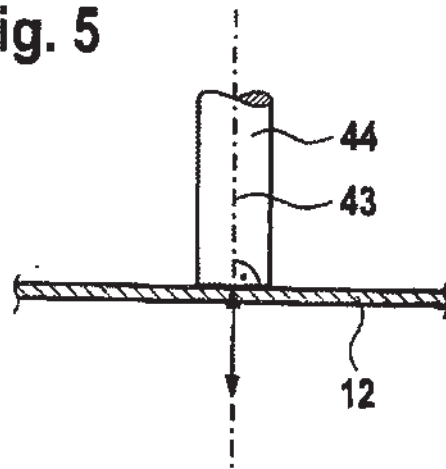


Fig. 6

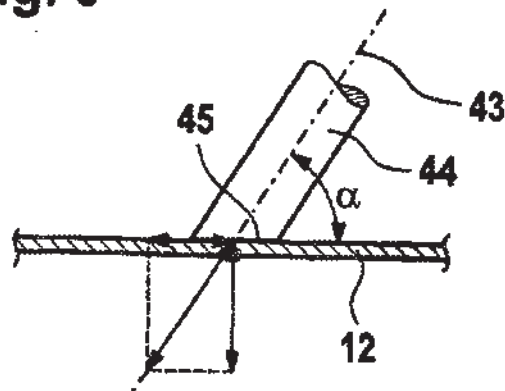
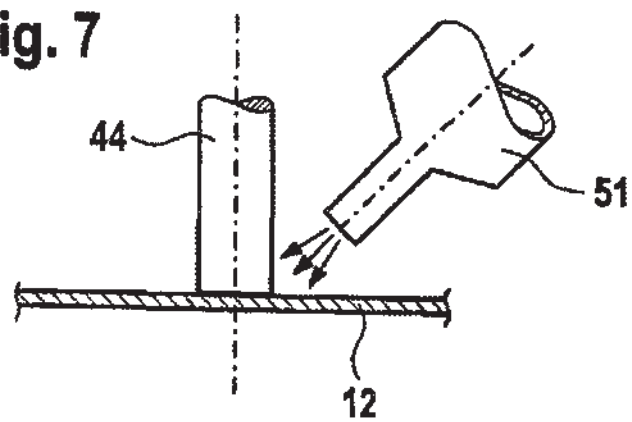
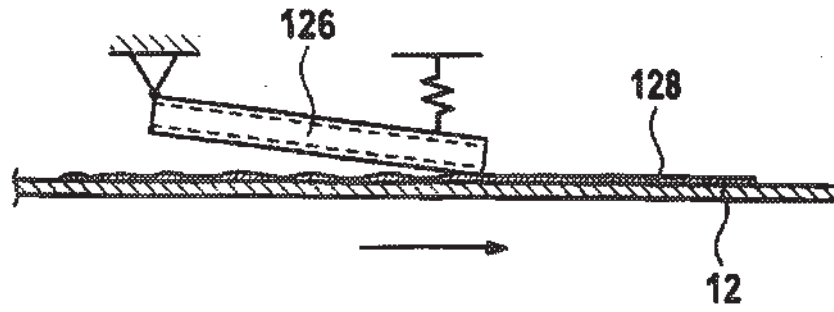


Fig. 7



**Fig. 8**



**Fig. 9**

