



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 355 939**

51 Int. Cl.:  
**C30B 13/24** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **06791817 .7**

96 Fecha de presentación : **04.09.2006**

97 Número de publicación de la solicitud: **1924724**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **28.05.2008**

54 Título: **Procedimiento para la recristalización de estructuras de capas mediante fusión por zonas y su uso.**

30 Prioridad: **12.09.2005 DE 10 2005 043 303**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**01.04.2011**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**01.04.2011**

73 Titular/es: **Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung  
der Angewandten Forschung e.V.  
Hansastraße 27C  
80686 München, DE**

72 Inventor/es: **Reber, Stefan;  
Eyer, Achim y  
Haas, Fridolin**

74 Agente: **Carpintero López, Mario**

ES 2 355 939 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

La invención se refiere a un procedimiento para la recristalización de estructuras de capas mediante fusión por zonas, en el que mediante la disposición acertada de varias fuentes térmicas se puede conseguir una clara aceleración del procedimiento de fusión por zonas. El procedimiento se basa en que se garantiza mediante solapamientos producidos una recristalización sin huecos de la capa. De acuerdo con la invención se proporciona asimismo un dispositivo, con el que se puede realizar el procedimiento de acuerdo con la invención. El procedimiento de acuerdo con la invención se usa particularmente en la producción de celdas solares de capa delgada de silicio cristalino o, por ejemplo, en la tecnología de SOI (silicio sobre aislador). La aplicación, sin embargo, se refiere asimismo también de forma general al procesamiento de metales, plásticos o adhesivos y en la presente memoria particularmente a la producción de capas delgadas.

La producción de capas semiconductoras dotadas delgadas para la electrónica y fotovoltaica se realiza actualmente del modo más diverso. Generalmente, el objetivo es realizar estructuras de capas de tipo sándwich a partir de subcapas dotadas de forma diferente. A este respecto se utilizan típicamente varias etapas de procedimiento que construyen secuencialmente las estructuras de capas. Para celdas solares de silicio cristalino, la estructura cristalina es de importancia fundamental para el grado de eficacia que se puede conseguir. Cuanto menor número de defectos tenga el cristal, más sencilla será la producción de celdas solares de alta eficacia.

Son estado de la técnica en el ámbito de las estructuras de capas semiconductoras los procedimientos en los que el semiconductor después de una etapa de deposición todavía se recristaliza sobre la fase líquida para modificar, por ejemplo, la estructura cristalina. Una aplicación de este tipo se da, por ejemplo, en la tecnología "Silicon on Insulator" (SOI) (silicio sobre aislador) o también en el ámbito de las celdas solares de capa delgada de silicio cristalino.

Las celdas solares de capa delgada de silicio cristalino se investigan actualmente en diferentes conceptos. Uno de estos conceptos está representado de forma ilustrativa en la Figura 1. Para la producción de una celda solar representada en la Figura 1 se requieren las etapas de fabricación representadas en la Figura 2. La etapa del procedimiento representada en la Figura 2 de la recristalización de la capa sobre la fase líquida se puede realizar mediante diferentes procedimientos. Uno de estos procedimientos es la fusión por zonas (inglés zone melting recrystallization, ZMR). A este respecto, la capa germinal representada en la Figura 1 se calienta mediante una fuente térmica con forma de líneas o escaneada con forma de líneas de tal forma, que se funde con forma de líneas a lo largo de toda la anchura del sustrato. Esta línea fundida, es decir, la zona de fusión, se estira mediante un movimiento relativo de sustrato y fuente térmica en dirección perpendicular con respecto a la zona de fusión en el plano del sustrato a través de toda la longitud del sustrato. El documento JP-A-60191092 describe un procedimiento de este tipo.

Dependiendo de la velocidad de estiramiento y los gradientes de temperatura en los límites de las zonas de fusión se producen cristales que están extendidos en la dirección de estiramiento y tienen diferentes dimensiones. Un objetivo típico de este procedimiento de fusión por zonas es producir cristales en la medida de lo posible grandes y sin defectos. Sin embargo, este objetivo en el caso del uso de un procedimiento de fusión por zonas para la fotovoltaica se opone a las definiciones de objetivo económico para un procedimiento barato. Bajo aspectos económicos, el rendimiento tiene que ser tan alto como sea posible, es decir, al menos  $0,1 \text{ m}^2/\text{min}$ , debiéndose mantener al mismo tiempo la alta calidad de cristal posible con velocidades de estiramiento moderadas.

Partiendo de esto era objetivo de la presente invención proporcionar un procedimiento de fusión por zonas en el que el rendimiento del procedimiento de fusión por zonas esté desacoplado de la velocidad de estiramiento y, por tanto, se posibilitaran altas calidades de cristal con un rendimiento al mismo tiempo alto.

Este objetivo se resuelve mediante los procedimientos con las características de las reivindicaciones 1 a 3. En las reivindicaciones 10 a 12 se mencionan usos de acuerdo con la invención. Las demás reivindicaciones dependientes indican perfeccionamientos ventajosos.

De acuerdo con la invención se proporciona un procedimiento para la recristalización de estructuras de capas mediante fusión por zonas en el que las zonas de fusión generadas con al menos dos fuentes térmicas con forma de líneas se estiran por la capa mediante un movimiento relativo de las fuentes térmicas con respecto a la capa en dirección perpendicular con respecto a las zonas de fusión con forma de líneas. A este respecto, las zonas de fusión se estiran simultáneamente por toda la capa con solapamiento por áreas de las zonas de fusión con zonas de fusión ya recristalizadas, de tal forma que se posibilita una recristalización sin huecos de la capa.

Es esencial para la invención a este respecto que se conectan varias fuentes térmicas de forma sucesiva o adyacente, sin embargo, mediante un control acertado de la energía calefactora acoplada por

unidad de tiempo en las zonas de fusión se realiza un cambio entre fusión por zonas óptima y transporte rápido sin la pérdida de la calidad del cristal obtenida. Este cambio permite resolver el objetivo de acuerdo con la invención.

5 Preferentemente, el movimiento relativo se posibilita mediante un transporte de la capa. Otra variante preferente prevé que el movimiento relativo de las fuentes térmicas con respecto a la capa se realice mediante un transporte de las fuentes térmicas. Sin embargo, también es posible que se realice un transporte tanto de la capa como de las fuentes térmicas.

10 Preferentemente, el procedimiento se realiza de tal forma que las zonas de fusión se solapan en dirección perpendicular con respecto a las zonas de fusión con forma de líneas por áreas con zonas de fusión ya recristalizadas. Para esto se requiere que las al menos dos fuentes térmicas se dispongan de forma sucesiva en dirección perpendicular con respecto a las zonas de fusión con forma de líneas, siendo las distancias entre fuentes térmicas adyacentes igual de grandes. Esto conduce a que se establezca cualquier número de zonas de fusión en forma de cascada de forma sucesiva.

15 Básicamente, el procedimiento de acuerdo con la invención se puede dividir en una fase de fusión y una fase de transporte. Durante la fase de fusión se realiza el movimiento relativo entre la capa y la fuente térmica precisamente de forma tan rápida que se consigue una configuración óptima de zonas de fusión y recristalización. Durante la fase de transporte se aumenta la velocidad y preferentemente se disminuye la potencia acoplada de las fuentes térmicas, de tal forma que la zona de fusión se colapsa, es decir, ya no está presente o ya no está presente completamente. En este caso es esencial que la capa ya no se funda en todo el corte transversal, de modo que una estructura cristalina existente no se destruya por la zona de fusión. El alineamiento de las fases que se han mencionado conduce a que en la fase de fusión un tramo predefinido de forma aleatoria por el número y la disposición de las fuentes térmicas se rodee por fusión con una calidad de cristal resultante alta y a continuación en la fase de transporte se salte sobre este tramo a excepción de un pequeño solapamiento, sin destruir la alta calidad de cristal conseguida en la fase de fusión. Ya que la fase de transporte se realiza con una velocidad de avance bastante superior que la fase de fusión, se tiene un rendimiento considerablemente mayor del dispositivo de acuerdo con la invención que con el uso de un calefactor de fusión, tal como se conoce por el estado de la técnica.

Con respecto a la realización del procedimiento se prefieren tres variantes.

30 Según una primera variante de acuerdo con la invención, en una primera fase, es decir, la fase de fusión, las al menos dos zonas de fusión se estiran en dirección perpendicular con respecto a las zonas de fusión con forma de líneas a lo largo de un tramo  $d+a$  por la capa. El movimiento relativo de las zonas de fusión se realiza a este respecto de manera simultánea. A este respecto, la velocidad está seleccionada de tal forma que se posibilita una alta calidad de cristal. El tramo  $d$  se corresponde en este caso con la separación entre dos fuentes térmicas adyacentes. El tramo  $a$  responsable del solapamiento está seleccionado de tal forma que el mismo es menor que  $d$ , prefiriéndose que la relación  $a$  a  $d$  se encuentre en el intervalo de 1:4 a 1:100.

40 A continuación se realiza en una segunda fase, es decir, la fase de transporte, el transporte de la capa a lo largo de un segundo tramo que sigue al primer tramo en dirección perpendicular con respecto a la zona de fusión con forma de líneas. Este segundo tramo posee a este respecto una longitud de  $(n-1) \cdot d - b$ , representando  $n$  la cantidad de las fuentes térmicas dispuestas de forma sucesiva y eligiéndose  $b$  de tal forma que se produce un solapamiento de las zonas de fusión con las zonas ya recristalizadas. En la fase de transporte se aumenta la velocidad, por lo que no se funde la capa recristalizada en la fase de fusión. La fase de fusión y la fase de transporte se repiten hasta que se consiga una recristalización sin huecos de la capa.

Esta primera variante, por tanto, se basa en que se transporta la capa mientras que las fuentes térmicas son estacionarias.

50 Una segunda variante de acuerdo con la invención prevé que en una primera fase, es decir, la fase de fusión, las al menos dos fuentes térmicas se muevan en dirección perpendicular con respecto a las zonas de fusión con forma de líneas simultáneamente a lo largo de un primer tramo  $d+a$ , representando  $d$  la separación entre dos fuentes térmicas adyacentes y siendo  $a$  menor que  $d$ . También en este caso vuelve a preferir que  $a$  sea esencialmente menor que  $d$ , por ejemplo, en el intervalo de 1:4 a 1:100, ya que cuanto menor se elija el tramo  $a$ , menor será el solapamiento y, por tanto, se aumentará el rendimiento. En la fase de fusión, la velocidad se elige tan reducida que se posibilita una alta calidad de cristal.

55 En la fase de transporte, a continuación, las al menos dos fuentes térmicas se retroceden a lo largo de un tramo  $-(d+a)$ , es decir, la fuente térmica se transporta de vuelta a su punto de partida. A continuación, entonces, la capa se mueve en dirección opuesta a esto a lo largo de un tramo  $n \cdot d + a - b$ ,

5 aumentándose la velocidad en comparación con la velocidad en la fase de fusión para evitar una fusión de la capa. También en este caso,  $n$  significa la cantidad de las fuentes térmicas dispuestas de forma sucesiva y  $b$  se elige de tal forma que se produce un solapamiento de las zonas de fusión con las zonas ya recristalizadas. El transporte de la capa puede moverse a este respecto del mismo modo también en la misma dirección que la dirección de movimiento de la zona de fusión. Sin embargo, el transporte de forma opuesta a la dirección de la fase de fusión ofrece la ventaja de que el nuevo ciclo de inicio parte de un área de solapamiento ya recristalizada del ciclo precedente.

10 La fase de fusión y la fase de transporte se realizan de forma alterna hasta que se haya realizado la recristalización sin huecos de la capa. En la segunda variante preferente descrita en la presente memoria, por tanto, se transportan tanto las fuentes térmicas como la capa.

15 Una tercera variante de acuerdo con la invención del procedimiento de acuerdo con la invención prevé que en una primera fase de fusión las al menos dos zonas de fusión se estiren en dirección perpendicular con respecto a las zonas de fusión con forma de líneas simultáneamente a lo largo de un primer tramo  $d+a$ , eligiéndose la velocidad de tal forma que se posibilite una alta calidad de cristal. Los tramos  $d$  y  $a$  poseen el significado que se ha descrito anteriormente.

20 En una segunda fase, es decir, la fase de transporte, las al menos dos fuentes térmicas y/o la capa se mueven a lo largo de un segundo tramo  $n*d+a-b$  sigue al primer tramo en dirección perpendicular con respecto a las zonas de fusión con forma de líneas, aumentándose la velocidad con respecto a la primera fase de fusión de tal forma, que la capa no se puede fundir. En la presente memoria,  $n$  significa el número de las fuentes térmicas dispuestas de forma sucesiva y  $b$  se selecciona de tal forma que se produce un solapamiento de las zonas de fusión con las zonas de fusión ya recristalizadas.

25 En una fase adicional, la segunda fase de fusión, entonces, las al menos dos zonas de fusión se estiran en dirección perpendicular con respecto a las zonas de fusión con forma de líneas simultáneamente a lo largo de un tramo  $-(d+a)$ , eligiéndose la velocidad de tal forma que se posibilite una alta calidad de cristal. Los tramos  $d$  y  $a$  poseen el significado que se ha descrito anteriormente.

30 En una cuarta fase, en la segunda fase de transporte, a su vez las al menos dos fuentes térmicas y/o la capa se mueven a lo largo de un segundo tramo  $n*d+a-b$  que se une al primer tramo en dirección perpendicular con respecto a las zonas de fusión con forma de líneas. También en este caso se aumenta a su vez la velocidad con respecto a las fases de fusión. Las variables que se han mencionado tienen el significado que se ha descrito anteriormente y se eligen de tal forma que también en este caso se posibilite de nuevo un solapamiento de las zonas de fusión con las zonas de fusión ya recristalizadas.

35 Las tres etapas del procedimiento que se han mencionado anteriormente se repiten hasta que se consiga una recristalización sin huecos de la capa. En la tercera variante preferente del procedimiento descrita en la presente memoria, por tanto, se mueven tanto las fuentes térmicas como la capa.

Preferentemente se reduce en la fase de transporte la temperatura de las fuentes térmicas.

40 Preferentemente, el movimiento de las fuentes térmicas y/o de la capa, es decir, el movimiento relativo entre ambas se realiza en la fase de transporte con una velocidad que es mayor en un factor en el intervalo de 2 a 100 que en la fase de fusión. Este factor a este respecto depende fuertemente de la cantidad de las zonas de fusión y, por tanto, de las fuentes térmicas. Por tanto, por ejemplo, con 10 fuentes térmicas un factor de 2 ya es muy eficaz, mientras que con solamente dos fuentes térmicas se tiene que elegir un factor de 10 o más.

45 Una alternativa preferente adicional del procedimiento de acuerdo con la invención prevé que las al menos dos fuentes térmicas se dispongan de forma adyacente en dirección perpendicular con respecto a las zonas de fusión con forma de líneas, presentando las fuentes térmicas dispuestas de forma adyacente respectivamente un desplazamiento entre sí en dirección perpendicular con respecto a las zonas de fusión con forma de líneas. Esto posibilite que las zonas de fusión generadas por las fuentes térmicas puedan solaparse por áreas en dirección perpendicular con respecto a las zonas de fusión con forma de líneas. Por un solapamiento de las hileras de fusión individuales se garantiza que se recristalice toda la superficie de la capa sin huecos. También en esta alternativa de acuerdo con la invención, las fuentes térmicas individuales pueden estar distribuidas aleatoriamente, sin embargo, de forma equidistante sobre el lado anterior y/o posterior.

50 Preferentemente, las fuentes térmicas se eligen independientemente entre sí entre el grupo constituido por calefactor de haz de electrones, fuentes de rayo láser, calefactor de tira de grafito, calefactor de lámpara de halógeno, radiador de IR y radiador de UV. Todas las fuentes térmicas que se han mencionado anteriormente también se pueden combinar entre sí.

55 Preferentemente, la capa a recristalizar está unida con un sustrato. Con respecto a la unión entre la capa y el sustrato son posibles todas las variantes conocidas por el estado de la técnica.

Con respecto a la disposición de las fuentes térmicas no existe ninguna limitación, de tal forma que las mismas pueden estar dispuestas independientemente entre sí en el lado anterior y/o en el lado posterior con respecto a la superficie de la capa y/o del sustrato.

- 5 El procedimiento de acuerdo con la invención se puede realizar con un dispositivo para la recristalización de estructuras de capas mediante fusión por zonas con al menos dos fuentes térmicas con forma de líneas. Mediante las fuentes térmicas se generan zonas de fusión en una capa, disponiéndose y pudiéndose mover las fuentes térmicas de tal forma que las zonas de fusión se solapan por áreas con zonas ya recristalizadas y de este modo se garantiza una recristalización sin huecos de la capa.
- 10 En una variante preferente, las fuentes térmicas están dispuestas de forma adyacente en dirección perpendicular con respecto a las zonas de fusión con forma de líneas, presentando las fuentes térmicas dispuestas de forma adyacente respectivamente un desplazamiento entre sí en dirección perpendicular con respecto a las zonas de fusión con forma de líneas, de tal forma que las zonas de fusión generadas mediante las fuentes térmicas se solapan por áreas.
- 15 Una variante preferente adicional prevé que estén dispuestas al menos cuatro fuentes térmicas a modo de conjunto con respecto a la capa semiconductor, presentando las fuentes térmicas dispuestas de forma adyacente entre sí respectivamente un desplazamiento en dirección perpendicular con respecto a las zonas de fusión con forma de líneas, de tal forma que las zonas de fusión generadas por las fuentes térmicas se solapan por áreas.
- 20 Preferentemente, las fuentes térmicas son independientemente entre sí del grupo constituido por calefactores de haz de electrones, fuentes de rayo láser, calefactores de tira de grafito, calefactores de lámpara de halógeno, radiadores de IR y radiadores de UV. Éstos también se pueden combinar de forma aleatoria entre sí.
- Una variante preferente adicional del dispositivo prevé que las fuentes térmicas estén provistas de espejos de enfoque.
- 25 De acuerdo con la invención, el procedimiento descrito se utiliza para la producción de celdas solares de capa delgada de silicio cristalino o en la tecnología de SOI. Sin embargo, independientemente de esto, el procedimiento también se puede usar de forma general para el procesamiento de metales, plásticos o adhesivos.
- 30 Mediante las siguientes figuras se explicará con más detalle el objeto de acuerdo con la invención, sin querer limitar el mismo a las realizaciones especiales mostradas en la presente memoria.
- La Figura 1 muestra en una representación esquemática la estructura de una celda solar de capa delgada de silicio conocida por el estado de la técnica.
- La Figura 2 muestra mediante un diagrama de flujo el desarrollo de procedimiento para la producción de celdas solares de capa delgada de silicio recristalizadas.
- 35 La Figura 3 muestra un dibujo seccional del dispositivo de acuerdo con la invención.
- La Figura 4 muestra mediante una representación esquemática una variante de acuerdo con la invención con una disposición a modo de conjunto correspondiente de las fuentes térmicas.
- 40 En la Figura 1 se representa una celda de capa delgada de silicio conocida por el estado de la técnica, que se basa en un sustrato 2 provisto de un contrato básico 1 en el lado posterior. Sobre el sustrato está dispuesta una capa intermedia 3, que a su vez está cubierta por una capa germinal 4. En el caso de la capa germinal se trata de una capa de silicio recristalizada y altamente dotada. A su vez, sobre la capa germinal se ha depositado una capa absorbente 5, que está dotada de forma normal. El sistema de capas se cierra por una capa emisora 6 y una capa anti-reflexión o de pasivación 7. Sobre esta pila de capas se aplica entonces todavía un contacto emisor 8.
- 45 La Figura 2 muestra esquemáticamente el desarrollo del procedimiento de producción para el sistema de capas representado en la Figura 1. A este respecto, el núcleo esencial de la invención se refiere a la etapa 5 de la recristalización de la capa germinal, que se realiza de acuerdo con el procedimiento de fusión por zonas.
- 50 La Figura 3 muestra esquemáticamente la realización del procedimiento de acuerdo con la invención, en la que se utiliza una cascada de fuentes térmicas 10, 10', 10'' en el dispositivo. La cascada total está compuesta de hasta n fuentes térmicas. Las fuentes térmicas individuales están rodeadas por espejos de enfoque correspondientes 11, 11' y 11'', con los que se enfoca la radiación térmica sobre la estructura de capas. La estructura de capas en este caso está compuesta de nuevo de un sustrato 2, una capa intermedia 3 así como la capa germinal 4 a recristalizar. Ésta está cubierta por una capa de

cubrición 9 opcional. La separación entre las fuentes térmicas individuales se indica en la presente memoria con una longitud  $d$ , siguiéndose el transporte durante la fase de fusión todavía en una sección de tramo a adicional, para garantizar un solapamiento de las zonas de fusión.

- 5 La Figura 4 muestra una variante particularmente preferente del procedimiento de acuerdo con la invención. En este caso, las fuentes térmicas individuales están dispuestas de forma tanto adyacente como sucesiva, lo que conduce a una disposición a modo de conjunto. Mediante el desplazamiento indicado de las fuentes térmicas en las diferentes hileras se produce un solapamiento de las "hileras de fusión". En el interior de cada hilera individual están dispuestas a su vez  $n$  fuentes térmicas, solapándose también las zonas de fusión generadas por estas fuentes térmicas. Mediante esta disposición a modo de conjunto se puede volver a aumentar el rendimiento del procedimiento de fusión por zonas.
- 10

## REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la recristalización de estructuras de capas mediante fusión por zonas,

5 en el que con al menos dos fuentes térmicas se estiran zonas de fusión generadas con forma de líneas por la capa mediante un movimiento relativo de las fuentes térmicas con respecto a la capa en dirección perpendicular con respecto a las zonas de fusión con forma de líneas, estirándose las zonas de fusión simultáneamente por toda la capa con solapamiento por áreas de las zonas de fusión con zonas ya recristalizadas, de tal forma que se garantiza una recristalización sin huecos de la capa,

**caracterizado porque**

10 a) en una primera fase (fase de fusión), las al menos dos zonas de fusión se estiran en dirección perpendicular con respecto a las zonas de fusión con forma de líneas simultáneamente a lo largo de un primer tramo  $d + a$  y con una velocidad que posibilita una alta calidad de cristal por la capa, representando  $d$  la separación entre dos fuentes térmicas adyacentes y  $a < d$  y

15 b) la capa en una segunda fase (fase de transporte) se mueve a lo largo de un segundo tramo  $(n-1) \cdot d - b$  que sigue al primer tramo en dirección perpendicular con respecto a las zonas de fusión con forma de líneas y con una velocidad aumentada con respecto a la primera fase, a la que la capa no se funde, representando  $n$  la cantidad de las fuentes térmicas dispuestas de forma sucesiva y eligiéndose  $b$  de tal forma que se produce un solapamiento de las zonas de fusión con las zonas ya recristalizadas,

repitiéndose las etapas a) y b) hasta la recristalización sin huecos de la capa.

20 2. Procedimiento para la recristalización de estructuras de capas mediante fusión por zonas,

en el que con al menos dos fuentes térmicas se estiran zonas de fusión generadas con forma de líneas por la capa mediante un movimiento relativo de las fuentes térmicas con respecto a la capa en dirección perpendicular con respecto a las zonas de fusión con forma de líneas, estirándose las zonas de fusión simultáneamente por toda la capa con solapamiento por áreas de las zonas de fusión con zonas ya recristalizadas, de tal forma que se garantiza una recristalización sin huecos de la capa,

**caracterizado porque**

30 a) en una primera fase (fase de fusión) las al menos dos fuentes térmicas se mueven en dirección perpendicular con respecto a las zonas de fusión con forma de líneas simultáneamente a lo largo de un primer tramo  $d + a$  y con una velocidad que posibilita una alta calidad de cristal, representando  $d$  la separación entre dos fuentes térmicas adyacentes y  $a < d$  y

35 b) las fuentes térmicas se mueven en una segunda fase (fase de transporte) a lo largo de un tramo  $-(d+a)$  y la capa en dirección opuesta a esto a lo largo de un tramo  $n \cdot d + a - b$  y con una velocidad aumentada con respecto a la primera fase, a la que la capa no se funde, representando  $n$  la cantidad de las fuentes térmicas dispuestas de forma sucesiva y eligiéndose  $b$  de tal forma que se produce un solapamiento de las zonas de fusión con las zonas ya recristalizadas,

repitiéndose las etapas a) y b) hasta la recristalización sin huecos de la capa.

3. Procedimiento para la recristalización de estructuras de capas mediante fusión por zonas,

40 en el que con al menos dos fuentes térmicas se estiran zonas de fusión generadas con forma de líneas por la capa mediante un movimiento relativo de las fuentes térmicas con respecto a la capa en dirección perpendicular con respecto a las zonas de fusión con forma de líneas, estirándose las zonas de fusión simultáneamente por toda la capa con solapamiento por áreas de las zonas de fusión con zonas ya recristalizadas, de tal forma que se garantiza una recristalización sin huecos de la capa,

**caracterizado porque**

45 a) en una primera fase de fusión las al menos dos zonas de fusión se estiran en dirección perpendicular con respecto a las zonas de fusión con forma de líneas simultáneamente a lo largo de un primer tramo  $d + a$  y con una velocidad que posibilita una alta calidad de cristal por la capa, representando  $d$  la separación entre dos fuentes térmicas adyacentes y  $a < d$ ,

50 b) las fuentes térmicas y/o la capa en una segunda fase (fase de transporte) se mueven a lo largo de un segundo tramo  $n \cdot d + a - b$  que sigue al primer tramo en dirección perpendicular con respecto a las zonas de fusión con forma de líneas y con una velocidad aumentada con respecto a la primera fase, a la que la capa no se funde, representando  $n$  la cantidad de las fuentes térmicas dispuestas de forma sucesiva y eligiéndose  $b$  de tal forma que se produce un solapamiento de las zonas de

fusión con las zonas ya recristalizadas,

- 5 c) en una segunda fase de fusión las al menos dos zonas de fusión se estiran en dirección perpendicular con respecto a las zonas de fusión con forma de líneas simultáneamente a lo largo de un tramo  $-(d+a)$  y con una velocidad que posibilita una alta calidad de cristal por la capa, representando  $d$  la separación entre dos fuentes térmicas adyacentes y  $a < d$  y
- 10 d) en una segunda fase de transporte, las fuentes térmicas y/o la capa se mueven a lo largo de un segundo tramo de camino  $n*d+a-b$  que sigue al primer tramo en dirección perpendicular con respecto a las zonas de fusión con forma de líneas y con una velocidad aumentada con respecto a la primera fase, a la que la capa no se funde, representando  $n$  la cantidad de las fuentes térmicas dispuestas de forma sucesiva y eligiéndose  $b$  de tal forma que se produce un solapamiento de las zonas de fusión con las zonas ya recristalizadas,
- repetiéndose las etapas a), b), c) y d) hasta la recristalización sin huecos de la capa.
4. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado porque** en la fase de transporte se reduce la temperatura de las fuentes térmicas.
- 15 5. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado porque** las fuentes térmicas se mueven en la fase de transporte con una velocidad mayor en un factor en el intervalo de 2 a 100 que en a).
6. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes,
- 20 **caracterizado porque** las fuentes térmicas se disponen de forma adyacente en dirección perpendicular con respecto a las zonas de fusión con forma de líneas, presentando las fuentes térmicas dispuestas de forma adyacente entre sí, respectivamente, un desplazamiento en dirección perpendicular con respecto a las zonas de fusión con forma de líneas, de tal forma que las zonas de fusión generadas por las fuentes térmicas se solapan por áreas.
- 25 7. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** las fuentes térmicas se eligen independientemente entre sí entre el grupo constituido por calefactor de haz de electrones, fuentes de rayo láser, calefactores de tira de grafito, calefactores de lámpara de halógeno, radiadores de IR y radiadores de UV.
8. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** la capa está unida con un sustrato.
- 30 9. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** las fuentes térmicas están dispuestas independientemente entre sí en el lado anterior y/o en el lado posterior con respecto a la superficie de la capa y/o del sustrato.
10. Uso del procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 9 para la producción de celdas solares de capa delgada de silicio cristalino.
- 35 11. Uso del procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 9 en la tecnología de SOI.
12. Uso del procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 9 para el procesamiento de metales, plásticos o adhesivos.



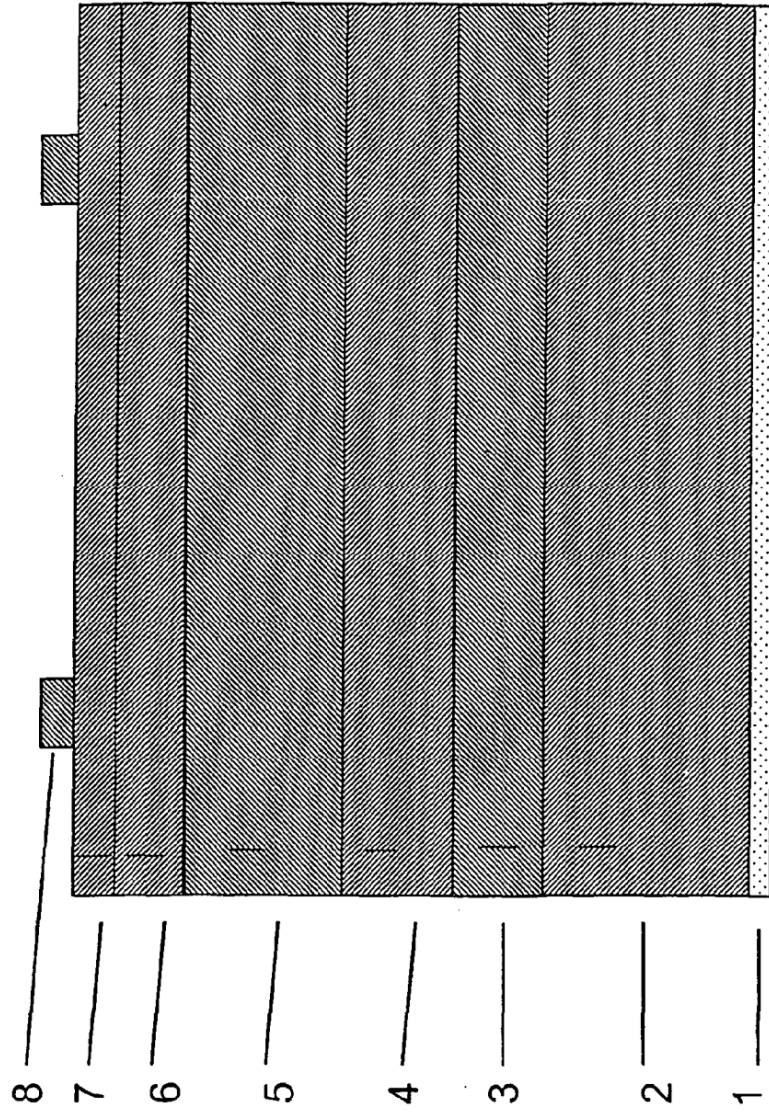


Fig. 1

Fig. 2

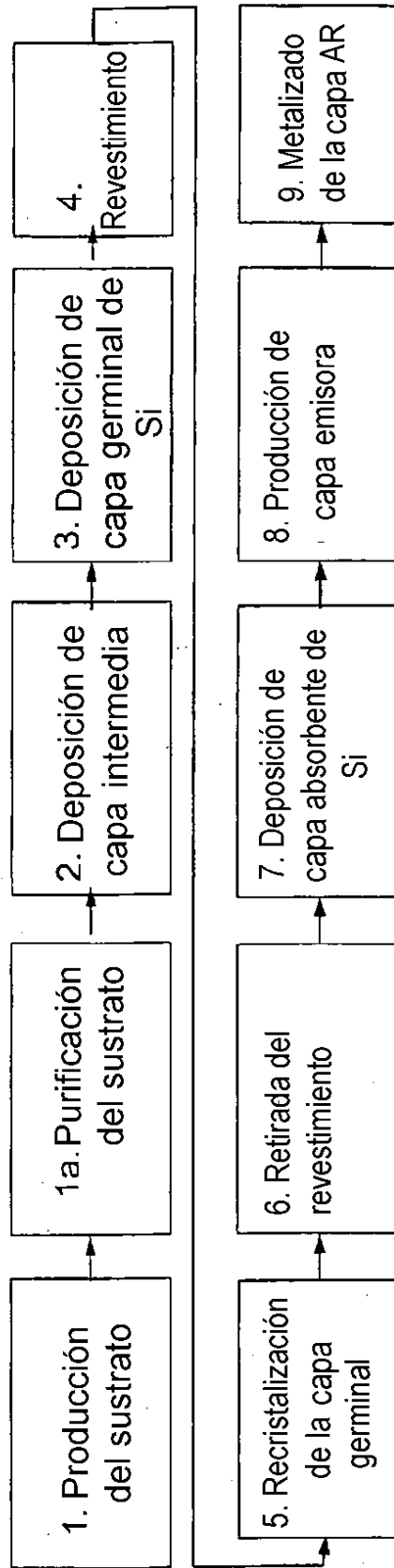
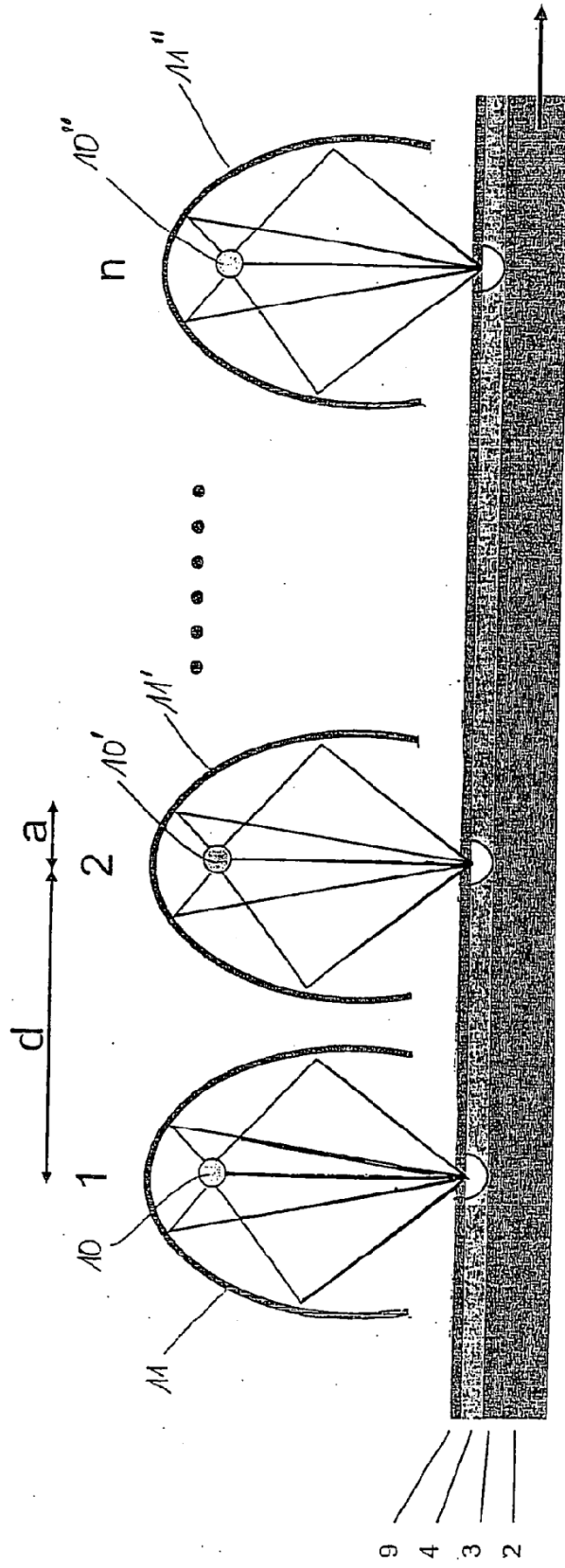


Fig. 3



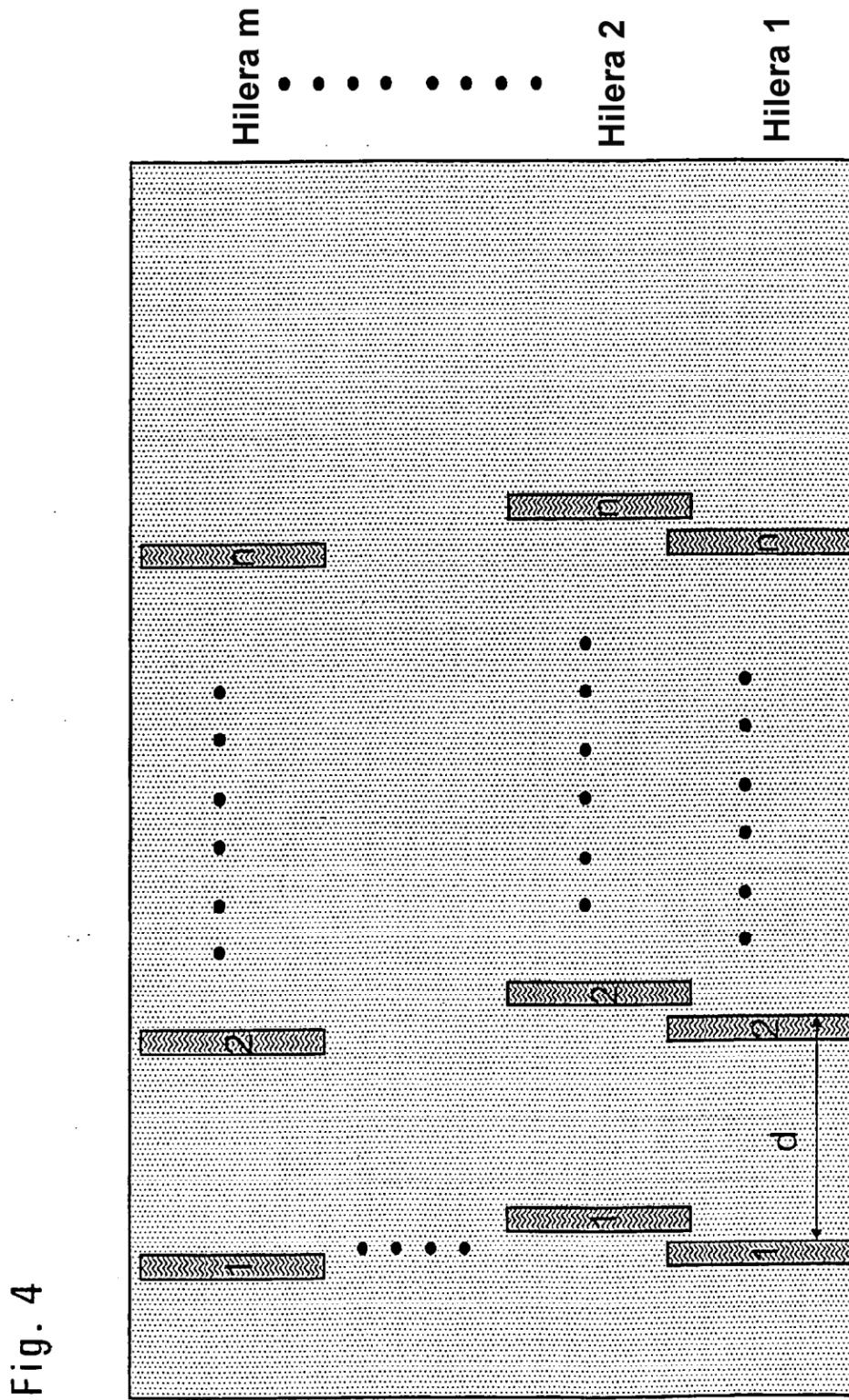


Fig. 4