

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 382 493**

51 Int. Cl.:
C30B 11/00 (2006.01)
C30B 29/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **08354045 .0**
- 96 Fecha de presentación: **26.06.2008**
- 97 Número de publicación de la solicitud: **2014803**
- 97 Fecha de publicación de la solicitud: **14.01.2009**

54 Título: **Dispositivo de fabricación de un bloque de material cristalino con modulación de la conductividad térmica**

30 Prioridad:
10.07.2007 FR 0704979

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
08.06.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
08.06.2012

73 Titular/es:
**COMMISSARIAT A L'ÉNERGIE ATOMIQUE ET
AUX ÉNERGIES ALTERNATIVES
BÂTIMENT "LE PONANT D" 25, RUE LEBLANC
75015 PARIS, FR**

72 Inventor/es:
**Servant, Florence;
Camel, Denis;
Marie, Benoît y
Ponthenier, Damien**

74 Agente/Representante:
Polo Flores, Carlos

ES 2 382 493 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

Dispositivo de fabricación de un bloque de material cristalino con modulación de la conductividad térmica

5 Campo técnico de la invención

La invención se refiere a un dispositivo de realización de un bloque de material cristalino a partir de un baño de material fundido, que comprende un crisol que tiene un fondo, medios de extracción del calor dispuestos bajo el crisol y medios de modulación de la conductividad térmica interpuestos entre el fondo del crisol y los medios de extracción del calor

Estado de la técnica

Hoy en día, la producción de células fotovoltaicas se realiza mayoritariamente a partir de silicio, siendo el propio silicio cristalizado mayoritariamente en hornos de tipo Czochralski o Bridgman.

En una configuración de tipo Bridgman, el calor es aportado al crisol por la parte superior o por los lados y su extracción se realiza por la parte inferior. El calentamiento del horno puede realizarse según varios enfoques y particularmente ajustando la potencia de calentamiento a medida que avanza el procedimiento de cristalización para hacer avanzar el frente de cristalización del silicio en la fase líquida.

Un horno de tipo Bridgman está particularmente adaptado a la realización de silicio para la industria solar, ya que permite particularmente la realización de lingotes multicristalinos con granos columnares perpendiculares al frente de cristalización.

Un horno de tipo Bridgman también permite controlar el flujo de calor extraído del crisol durante tres fases del procedimiento de elaboración:

- fusión del silicio en el crisol
- inicio del crecimiento
- cristalización del lingote

Un horno de tipo Bridgman permite también purificar el material utilizado mediante segregación de las impurezas, que son rechazadas a continuación en la fase líquida. Sin embargo, para purificar el material a solidificar, es necesario controlar el flujo de calor a extraer para permanecer en condiciones de estabilidad morfológica del frente de solidificación, lo que puede limitar la velocidad de solidificación.

Por otro lado, durante el inicio del crecimiento del silicio cristalino, también es necesario aumentar de forma progresiva el flujo de calor extraído. En caso contrario, tiene lugar una desestabilización del frente de crecimiento e impide la correcta segregación de las impurezas en el silicio. Además, el inicio del crecimiento, o bien la recogida del germen, también requiere el control de la velocidad de solidificación y, por lo tanto, del flujo de calor, para asegurar una buena estructura de granos.

Aunque los dispositivos de tipo Bridgman tienen numerosos aspectos positivos, estos presentan sin embargo cierto número de inconvenientes particularmente en lo que concierne al control preciso de la temperatura y de los intercambios caloríficos durante todo un ciclo de cristalización del silicio fundido.

La patente europea n° 141999 propone retirar una parte aislante situada bajo el crisol, presente durante la fusión del silicio, para disminuir el aislamiento térmico en el crisol. De este modo, mientras se conserva una potencia de calentamiento constante, tiene lugar una disminución de la temperatura por medio de una mayor liberación de calor por radiación y se realiza entonces la solidificación. En esta realización, la extracción de calor, por radiación, no está realmente controlada, ya que la parte aislante bajo el crisol está presente o se ha retirado.

El documento JP-A-2001048696 también describe un enfriamiento del silicio fundido retirando de forma progresiva el aislamiento situado bajo el crisol. En este documento, la modulación de la temperatura tiene lugar mediante el control de la radiación. Sin embargo, esta realización no permite controlar finamente la variación del flujo de calor.

De este modo, dado que la extracción del flujo térmico del material fundido en el crisol por radiación presenta numerosos inconvenientes, generalmente se prefiere la extracción del flujo térmico por conducción.

El documento GB-A-2041236 describe la utilización de un tapón de grafito, colocado bajo el fondo del crisol, que permite aumentar la conductividad térmica del conjunto y, por lo tanto, incrementar la extracción de calor por conducción. Sin embargo, dado que este tapón de grafito está situado en el centro del fondo del crisol, enfría de
5 manera importante la parte central del cristal. Por lo tanto, esta realización no se aplica a la fabricación de lingotes de silicio de tamaño consecuente, ya que la cantidad de calor que es preciso extraer varía según la resistencia térmica del silicio sólido, es decir el grosor de silicio, a atravesar.

El documento EP-A-0889148 describe un dispositivo con una placa aislante que puede estar en forma de varias
10 placas deslizantes.

El documento WO-A-2004094704 describe la utilización de un crisol que tiene principalmente una extracción de calor por radiación pero cuyo dispositivo utiliza también una modulación de la extracción de calor por conducción, por medio de la compresión de un fieltro de grafito situado bajo el crisol.

15 El documento DE-A-3323896 describe un dispositivo con un intercambiador de calor en forma de apilamiento vertical de las placas de grafito.

Objeto de la invención

20 El objeto de la invención consiste en realizar un dispositivo de fabricación de bloque de material cristalino según la reivindicación 1 que module finamente la extracción de calor por conducción y que sea fácil de implementar.

Según la invención, este objetivo se alcanza con un dispositivo de fabricación según las reivindicaciones adjuntas y,
25 más particularmente, debido a que los medios de modulación de la conductividad térmica comprenden una pluralidad de placas, de material térmicamente conductor y de baja emisividad, paralelas al fondo del crisol y medios de acercamiento y de alejamiento de dichas placas unas con respecto a las otras y con respecto al fondo del crisol.

Breve descripción de los dibujos

30 Otras ventajas y características serán más claramente evidentes a partir de la siguiente descripción de una realización particular de la invención que se da como ejemplo no limitante y representada en los dibujos adjuntos, en los que:

35 - las figuras 1 y 2 representan una vista esquemática, en corte, de una realización del dispositivo según la invención respectivamente durante la fase de fusión y durante la fase de cristalización,

- la figura 3 representa una vista esquemática, en corte, de una placa (10) con un sobreespesor en el centro,

40 - la figura 4 representa una vista esquemática, en corte, de una variante de realización del dispositivo.

Descripción de una realización preferente de la invención

Como se ilustra en la figura 1, el dispositivo 1 de fabricación de bloques de material cristalino de tipo Bridgman
45 comprende un crisol 2, que comprende, a su vez, un fondo 3 y paredes laterales 4. Los materiales que constituyen el crisol 2 se seleccionan de forma que la parte esencial del flujo de calor que sale del crisol 2 lo haga por el fondo 3. De este modo, el material del fondo 3 es, preferentemente, un buen conductor térmico en comparación con los otros materiales que constituyen el crisol 2 para poder extraer por él la parte esencial del flujo de calor. Las paredes laterales 4 del crisol 2 son, por ejemplo, de sílice, mientras que el fondo 3 del crisol 2 es de grafito. El grosor del
50 fondo del crisol es, típicamente, de varios centímetros, por ejemplo 5 cm. El fondo 3 del crisol está, al menos parcialmente, ligeramente hendido en su cara externa (en una parte de su grosor). La hendidura, aunque conserva la estanqueidad del fondo del crisol, permite evitar el acoplamiento inductivo en esta parte del crisol, evitando un sobrecalentamiento del fondo del crisol que podría ser perjudicial para el germen.

55 Para favorecer una evacuación del calor por conducción, la cara externa del fondo 3 del crisol 2 está ventajosamente recubierta con o unida a una capa de material de conducción 5. Este material de conducción 5 presenta una baja emisividad, preferentemente inferior o igual a 0,5, una conductividad térmica importante, preferentemente superior a $10 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$, y es resistente a altas temperaturas, típicamente una temperatura superior a la temperatura de fusión del material a solidificar y aún más típicamente superior a $1400 \text{ }^\circ\text{C}$. La capa de material de conducción 5 está, por
60 ejemplo, constituida por una película de molibdeno, por ejemplo, de 1 mm de grosor. Ésta favorece de este modo la extracción del calor contenido en el crisol 2 por conducción antes que por radiación.

El crisol 2 puede presentar, por ejemplo, una sección cuadrada, rectangular o redonda. Si se utiliza preferentemente un crisol 2 de sección cuadrada, este último presenta ventajosamente paredes laterales 4 del orden de 200 mm de lado. El crisol 2 también puede presentar paredes laterales de hasta 1 m de lado.

5

En el dispositivo 1, el crisol 2 está ventajosamente colocado sobre una capa de conducción 5 de manera que queden unidos, colocándose entonces el conjunto por encima de medios de modulación de la conductividad térmica 7 y de medios de extracción del calor 9 contenido en el crisol 2.

- 10 Los medios de modulación de la conductividad térmica 7 están interpuestos entre el fondo 3 del crisol 2 y los medios de extracción del calor 9 y están situados ventajosamente en el interior de un soporte de fijación 6. Los medios de modulación de la conductividad térmica 7 comprenden, ventajosamente, una pluralidad de placas 10, en atmósfera controlada, y medios de desplazamiento de estas placas que permitirán un acercamiento o un alejamiento de las placas unas con respecto a las otras y con respecto al fondo del crisol 2. Los medios de desplazamiento de las
- 15 placas 10 comprenden, por ejemplo, una varilla de control 8 prácticamente perpendicular al fondo 3 del crisol 2 y situada a lo largo de un eje vertical que pasa por el centro del fondo 3 del crisol 2. La varilla de control 8 puede moverse, de este modo, verticalmente según este eje vertical.

- Los medios de extracción del calor 9 están constituidos, por ejemplo, por un intercambiador térmico, ventajosamente
- 20 fijado al extremo superior de la varilla de control 8. El intercambiador térmico está constituido, por ejemplo, por una caja colectora de agua de cobre, por ejemplo, a una temperatura de 27 °C.

- El soporte de fijación 6, situado bajo el crisol 2, se utiliza ventajosamente para definir la distancia máxima autorizada entre cada placa y el fondo del crisol 2 así como entre cada una de las placas 10. El soporte de fijación 6 autoriza
- 25 también el desplazamiento vertical de las placas 10 entre una posición de aislamiento en la que la separación de las placas es máxima y una posición de conducción en la que la separación de las placas es mínima y está predefinida por separadores 12. El soporte de fijación 6 se realiza mediante cualquier medio conocido adaptado.

- En la figura 1, el soporte de fijación 6 comprende, en una vista en corte, paredes laterales externas verticales y
- 30 paredes laterales internas escalonadas que presentan soportes planos 11, prácticamente horizontales de sección decreciente, de arriba hacia abajo. De este modo, el soporte de fijación 6 es más ancho en su parte superior que en su parte inferior. Los soportes planos 11 definen las posiciones más alejadas entre las placas 10 y el fondo del crisol 2, es decir la posición de aislamiento de las diferentes placas. En esta configuración, las placas 10 tienen secciones de dimensiones (longitudes y/o anchuras) decrecientes a medida que se alejan del fondo del crisol 2. El soporte de
- 35 fijación 6 es, preferentemente, de sílice sinterizado y hueco. El crisol 2, la capa de conducción 5 y el soporte de fijación 6 tienen prácticamente el mismo eje de simetría vertical.

- De manera general, la capa de conducción 5, los medios de extracción del calor 9 y las diferentes placas 10 tienen la misma forma y prácticamente las mismas dimensiones. La forma y las dimensiones están, a su vez, muy próximas a
- 40 las del crisol y del lingote para asegurar una evacuación del calor prácticamente hacia la parte inferior y distribuida uniformemente.

- En una variante, no representada, las paredes laterales internas son oblicuas, delimitando un espacio ensanchado hacia arriba para el posicionamiento de las placas 10.

45

- En la figura 1, tres placas (10a, 10b y 10c), prácticamente paralelas al fondo del crisol 2, descansan sobre los soportes planos 11 que sirven, de este modo, de tope de fin de recorrido durante el desplazamiento de las placas 10 hacia abajo. El desplazamiento vertical de la varilla de control 8, de abajo hacia arriba, conlleva el desplazamiento vertical de las placas desde su posición de aislamiento hasta su posición de conducción máxima, en la que las
- 50 placas 10 están lo más cerca posible del fondo del crisol 2.

- La capa de conducción 5, las placas 10 y el intercambiador térmico 9 están, preferentemente, en una atmósfera controlada. Ésta comprende al menos un gas que presenta una conductividad térmica superior o igual a un valor umbral, por ejemplo 0,01 W/m.K. Este gas es, por ejemplo, argón o helio.

55

Como ejemplo, las placas 10, dispuestas en el interior del soporte de fijación 6, están separadas un máximo de 1 mm, en su posición de aislamiento. Ventajosamente, el espacio que separa el intercambiador térmico 9, en su posición más baja, y la placa más baja 10a es el doble del espacio máximo entre dos placas 10, es decir 2 mm.

- 60 Las placas 10 son rígidas y están realizadas en un material que presenta una conductividad térmica superior a 10 W/m.K, una baja emisividad, por ejemplo del orden de 0,15. Éstas son, por ejemplo, de molibdeno o de aleación a

- base de molibdeno. Éstas también podrían ser de tungsteno o niobio o, si deben permanecer a temperaturas menos elevadas, como es el caso de las placas inferiores, las más alejadas del crisol, de tántalo, oro, plata o níquel. Estas placas 10 están ventajosamente pulidas para reducir su emisividad y presentan una pluralidad de salientes 12 que sirven como separadores para evitar cualquier contacto entre dos placas adyacentes en posición de conducción. Los salientes 12 pueden estar situados en las caras superiores y/o inferiores de las placas 10. Los salientes 12 son, por ejemplo, pequeñas pastillas de material térmicamente aislante, por ejemplo de sílice. Los salientes 12 pueden estar pegados a las placas 10 o insertados en cavidades realizadas en las placas 10. Las placas 10 presentan, por ejemplo, un grosor del orden de 3 mm y salientes 12 de una altura mínima del orden de 0,1 mm.
- 10 La utilización de una pluralidad de placas 10, que tienen una baja emisividad, permite reducir fuertemente los intercambios por radiación. Además, su disposición permite trabajar en pequeños volúmenes de gas en lugar de un gran volumen. De este modo, las transferencias por convección se reducen fuertemente y la resistencia térmica del dispositivo puede reducirse entonces a una resistencia de transferencia por conducción térmica.
- 15 Medios de calentamiento 13, así como medios de aislamiento lateral 14 se ilustran esquemáticamente en la figura 1. Los medios de calentamiento 13 son, por ejemplo, de tipo inductivo y están situados preferentemente por encima y en los lados del crisol 2 para favorecer la mezcla por convección en la fase líquida. Los medios de aislamiento lateral 14 se realizan de manera conocida y aseguran que el flujo de calor a extraer es unidireccional hacia abajo y prácticamente perpendicular al plano del fondo 3 del crisol 2. En la figura 1, rodean en su totalidad al crisol 2, la capa de conducción 5 y el soporte de fijación 6.

- El dispositivo 1 comprende, además, medios de control de la temperatura que comprenden al menos tres sensores de temperatura, por ejemplo en forma de termopares. Dos sensores de temperatura están situados preferentemente según el eje vertical de simetría del dispositivo, estando un primer sensor 15 situado en la parte superior del fondo 3 del crisol 2 y estando un segundo sensor 16 situado en la parte inferior del fondo 3 del crisol 2. Estos dos sensores 15, 16 permiten medir el gradiente térmico axial en el crisol 2. Un tercer sensor 17 está situado en la periferia del fondo 3 del crisol 2 y en su parte superior. Los sensores 15 y 17 permiten medir el gradiente térmico radial en el fondo 3 del crisol 2.
- 30 Como ejemplo, a continuación se describe un procedimiento de utilización del dispositivo para realizar un lingote de material cristalino. El material cristalino es, por ejemplo, silicio pero también puede ser germanio o cualquier otro material cristalino.

- En una realización preferente, un germen 18 se coloca ventajosamente en el crisol, específicamente unido al fondo 3 del crisol. El germen 18 es, por ejemplo, del mismo material que la carga, es decir de silicio y de aproximadamente 1 cm de grosor.

- A continuación, se coloca una carga de material cristalino en el crisol 2. Este material cristalino es, preferentemente, de tipo semiconductor, por ejemplo silicio. La carga de material cristalino se funde a continuación mediante el accionamiento de los medios de calentamiento 13, teniendo cuidado de no fundir el germen 18. En esta fase de fusión de la carga de silicio (figura 1), el dispositivo está en un modo de aislamiento, es decir que las placas 10 son portadas por los soportes planos 11 del soporte de fijación 6. En esta configuración, la separación es máxima entre el fondo del crisol 3 y las placas 10 así como entre las placas. El aislamiento del crisol con respecto al intercambiador térmico 9 es, de este modo, máximo. La varilla de control 8 está entonces en su posición más baja, es decir que el intercambiador térmico 9 está en su posición más alejada del crisol 2.

- Durante esta fase de fusión del silicio, la potencia de calentamiento aumenta, de manera que el frente de licuefacción sigue ventajosamente una progresión vertical descendente hacia el germen 18. Una vez que el frente de licuefacción alcanza al germen 18, la potencia de calentamiento ya no cambia. Ventajosamente, durante la fusión, un grosor de gas, por ejemplo de argón, de al menos 6 mm se mantiene entre la capa de conducción 5 y el intercambiador térmico 9.

En una variante de realización, el silicio 19 puede introducirse directamente en el crisol en forma fundida.

- 55 A continuación, para iniciar el crecimiento sobre el germen 18, es decir para invertir el sentido de propagación de la interfaz entre el silicio sólido 20 y el silicio fundido 19, la potencia de calentamiento se mantiene constante y comienza la traslación de las placas 10. En primer lugar, la varilla de control 8, previamente colocada en su posición inferior, asciende para acercar el intercambiador térmico 9 a la primera placa 10a, la más baja. La subida de la varilla de control 8 provoca la puesta en contacto del intercambiador térmico 9 con la primera placa 10a, y a continuación el desplazamiento vertical de esta placa 10a. Como se ilustra en la figura 2, cuando la traslación vertical ascendente de la varilla de control 8 continúa, la primera placa 10a se acerca a la segunda placa 10b, con la que entra en contacto

a nivel de los salientes 12. Las placas 10 se acercan de este modo poco a poco al crisol 2, hasta que los salientes 12 de la última placa 10c establecen contacto con la capa de conducción 5.

La traslación de la varilla de control 8 y, por lo tanto, del intercambiador térmico 9 permitirá modular el grosor de la capa de gas dispuesta entre el intercambiador térmico 9 y la capa de conducción 5. De este modo, la traslación de la varilla de control 8 permite modular la resistencia térmica del dispositivo 1 bajo el crisol 2. El número de placas 10 a elevar para iniciar el crecimiento varía según el flujo de calor que es preciso extraer, así como según los materiales utilizados (y sus grosores) en el dispositivo 1. De esta manera, al acercar las placas 10 al fondo 3 del crisol 2, el crisol 2 se vuelve cada vez menos aislante y deja pasar un flujo de calor mayor que durante la fase de fusión. Este enfoque permite, de este modo, cambios finos y muy progresivos del flujo de calor a extraer del crisol 2.

A partir de un cierto estadio de solidificación del silicio, una disminución de la potencia de calentamiento puede acoplarse ventajosamente a la modulación de la conductividad térmica del fondo 3 del crisol 2. De esta manera, la traslación del intercambiador térmico 9 permite conservar una extracción del flujo de calor constante. La traslación permite disminuir la resistencia térmica del dispositivo bajo el crisol 2 para compensar el aumento de la resistencia térmica debido a la parte cristalizada y, por lo tanto, sólida del silicio.

En el estado final, las placas 10 se acercarán al máximo entre sí y a la capa de conducción 5 y el grosor de gas total entre las placas 10 y entre la capa de conducción 5 y el intercambiador térmico 9 será mínimo. El dispositivo está entonces en un modo de conducción máxima.

En una variante de realización, si el grosor final de gas necesario para la extracción del flujo de calor buscado es muy reducido, puede hacerse posible un contacto directo entre las placas 10 eliminando los salientes 12 de las placas 10.

Otra variante de realización consiste en realizar durante la fase de crecimiento un cambio del gas presente entre las placas 10 en el interior del soporte de fijación 6. Si el grosor de gas total es demasiado reducido, puede utilizarse un gas que presente una mayor conductividad térmica, por ejemplo helio. De este modo, puede utilizarse un mayor espacio entre la capa de conducción 5 y el intercambiador térmico 9.

Durante todo el procedimiento de cristalización del silicio, la temperatura del primer sensor 15, así como la diferencia de temperatura entre los primer y segundo sensores 15, 16 permitirán controlar la potencia de calentamiento y el desplazamiento de la varilla de control 8.

En efecto, la potencia de calentamiento cambiará durante todo el proceso de cristalización de manera que la temperatura medida por el primer sensor 15 aumenta de forma lineal en la fase de fusión, y a continuación se estabiliza durante el inicio del crecimiento y finalmente disminuye linealmente durante la fase de solidificación en un lingote.

Al mismo tiempo, la diferencia de temperatura entre los primer y segundo sensores de temperatura 15, 16 está vinculada al desplazamiento de la varilla de control 8. De este modo, durante la fase de fusión de la carga, se buscará una diferencia de temperatura entre los sensores de temperatura 15, 16 inferior a un umbral, lo que se traducirá en el hecho de que el dispositivo está en modo aislante, es decir que la varilla de control 8 se encuentra en su posición más baja. En la fase de inicio del crecimiento cristalino, la diferencia de temperatura entre los sensores 15, 16 decrecerá lentamente hasta alcanzar un segundo valor umbral. Este decrecimiento traduce una extracción del flujo de calor. Durante la solidificación, la diferencia de temperatura entre los sensores 15, 16 se mantiene constante, a pesar del aumento de la temperatura medida por el primer sensor 15, por el desplazamiento de la varilla de control 8.

La diferencia de temperatura entre los sensores 15 y 17 es representativa del gradiente radial en el fondo del crisol 2 y permite verificar que el flujo extraído del crisol es de hecho unidireccional. De esta forma, se realiza un control del aislamiento radial y puede obtenerse una información sobre la forma del frente de solidificación. Preferentemente, se seleccionan isoterma prácticamente paralelas al fondo del crisol 2 para tener una solidificación perpendicular al fondo del crisol 2.

Como variante, puede buscarse una evacuación de calor no homogénea. Si, por ejemplo, se busca una extracción de calor preferentemente en el centro del crisol 2, las placas 10 más alejadas del crisol pueden presentar dimensiones más reducidas que el crisol (como en la figura 1). De esta manera, puede obtenerse un frente de solidificación convexo.

En otra variante de realización de la invención, las placas 10 presentan inhomogeneidades de grosor. En el caso en

el que se busca una extracción de calor preferentemente en el centro, puede utilizarse un sobreespesor de materia (figura 3). El sobreespesor puede realizarse entonces mediante cualquier técnica adaptada, por ejemplo mediante maquinado de la placa o mediante adhesión de materia adicional, térmicamente conductora.

5 La geometría de las placas está evidentemente adaptada para obtener la distribución buscada del flujo de calor.

En otra variante de la invención, ilustrada en la figura 4, las placas 10 pueden estar separadas por elementos térmicamente aislantes 21, por ejemplo de tipo resorte, y que presentan una rigidez predeterminada. De este modo, estos elementos permiten durante el desplazamiento de la varilla de control 8 el desplazamiento relativo de las 10 placas entre sí. Los elementos 21 están situados ventajosamente en la periferia de las placas 10. Los elementos 21 pueden ocupar, entonces, toda la periferia de las placas o también una pluralidad de elementos se instalan para ocupar zonas predeterminadas.

Ventajosamente, los elementos 21 asociados a las placas más cercanas al crisol presentan una rigidez menor que 15 los elementos asociados a las placas más alejadas.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo de realización de un bloque de material cristalino (20) a partir de un baño de material fundido (19), que comprende un crisol (2) que tiene un fondo (3), medios de extracción del calor (9) dispuestos bajo el crisol (2) y medios de modulación de la conductividad térmica (7) interpuestos entre el fondo (3) del crisol y los medios de extracción del calor (9), dispositivo **caracterizado porque** los medios de modulación de la conductividad térmica (7) comprenden una pluralidad de placas (10), de material térmicamente conductor y de baja emisividad, paralelas al fondo (3) del crisol y medios de acercamiento y de alejamiento de dichas placas (10) unas con respecto a otras y con respecto al fondo del crisol (2), presentando las placas una emisividad inferior a 0,5.
2. Dispositivo según la reivindicación 1, **caracterizado porque** las placas (10) presentan una conductividad térmica superior o igual a 10 W/m.K.
3. Dispositivo según una de las reivindicaciones 1 y 2, **caracterizado porque** las placas (10) son de un material a base de molibdeno.
4. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado porque** las placas (10) presentan un sobreespesor.
5. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado porque** los medios de modulación de la conductividad térmica (7) comprenden una atmósfera controlada que comprende al menos un gas que tiene una conductividad térmica superior o igual a 0,01 W/m.K.
6. Dispositivo según la reivindicación 5, **caracterizado porque** la atmósfera controlada comprende helio o argón.
7. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado porque** los medios de modulación de la conductividad térmica comprenden una capa de conducción (5) unida al fondo del crisol y que presenta una emisividad inferior a 0,5.
8. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado porque** la capa de conducción (5) presenta una conductividad térmica superior o igual a 10 W/m.K.
9. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado porque** las placas (10) están provistas de salientes 12 que constituyen separadores.
10. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizado porque** comprende, entre las placas (10), elementos (21) térmicamente aislantes de tipo resorte.
11. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, **caracterizado porque** los medios de acercamiento y de alejamiento comprenden una varilla de control (8) unida a los medios de extracción del calor (9).

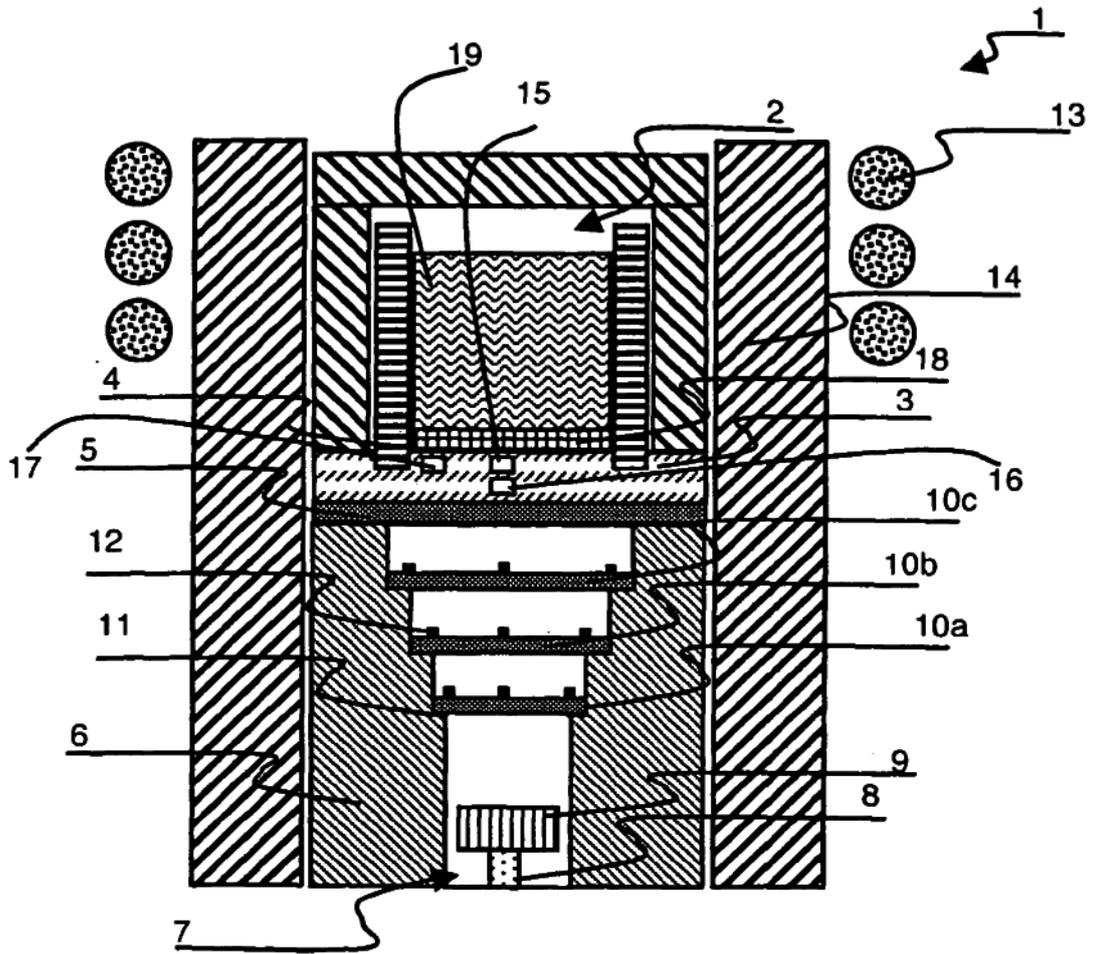


Figura 1

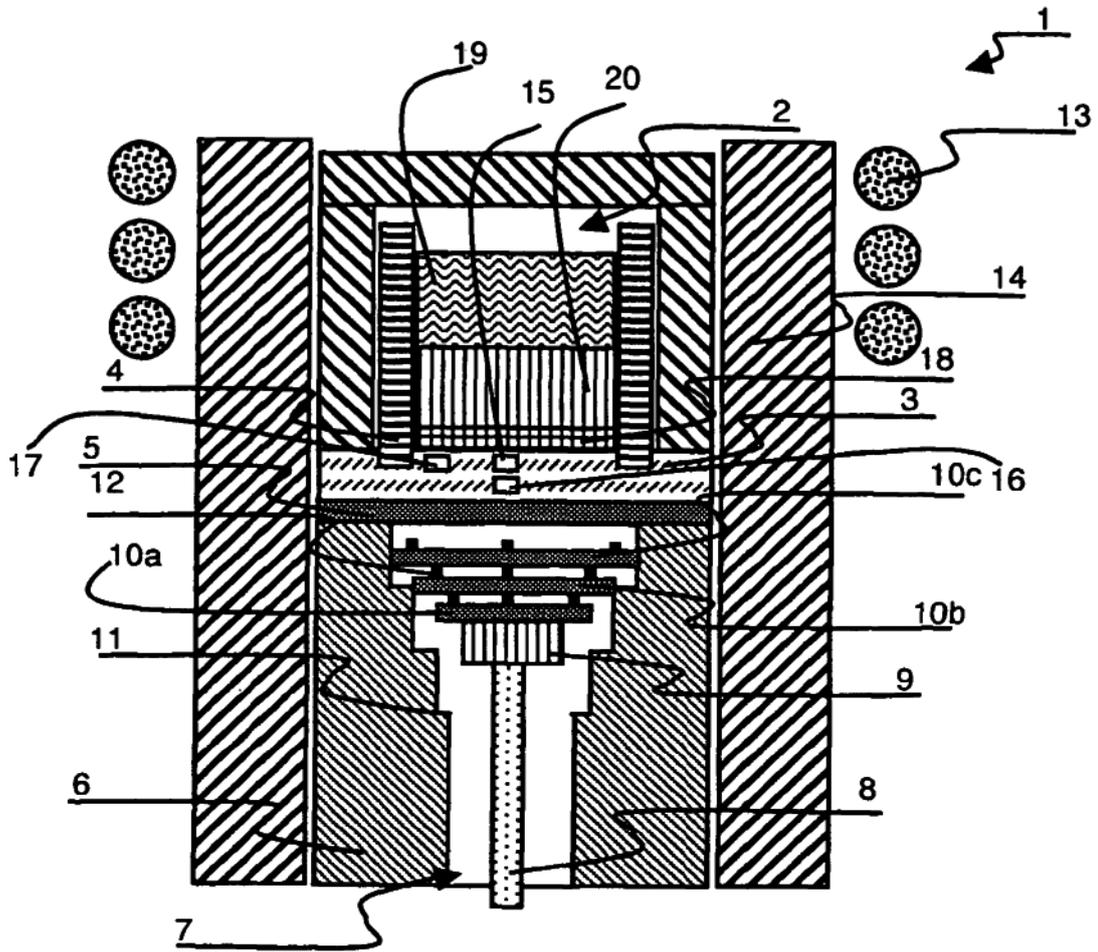


Figura 2



Figura 3

