



①9



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

①1 Número de publicación: **2 296 181**

⑤1 Int. Cl.:
C01B 33/037 (2006.01)

①2

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

⑧6 Número de solicitud europea: **05746642 .7**

⑧6 Fecha de presentación : **19.04.2005**

⑧7 Número de publicación de la solicitud: **1742870**

⑧7 Fecha de publicación de la solicitud: **17.01.2007**

⑤4 Título: **Procedimiento e instalación de fabricación de bloques de un material semiconductor.**

③0 Prioridad: **20.04.2004 FR 04 50738**

④5 Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.04.2008

④5 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.04.2008

⑦3 Titular/es: **EFD Induction S.A.**
20, avenue de Grenoble
38170 Seyssinet Pariset, FR

⑦2 Inventor/es: **Rivat, Pascal y**
Del Gobbo, Jean-Pierre

⑦4 Agente: **Curell Suñol, Marcelino**

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 e instalación de fabricación de bloques de un material semiconductor.

La presente invención se refiere a la fabricación de un material semiconductor, en particular silicio, para constituir unas células de producción de energía eléctrica por efecto fotovoltaico.

Actualmente, el silicio destinado a las técnicas fotovoltaicas está constituido sustancialmente por desechos de la industria microelectrónica, ya que el silicio utilizado para aplicaciones fotovoltaicas puede contener una proporción de impurezas (del orden de 10^{-6}) menos crítica que el nivel de impurezas (10^{-9}) generalmente requerido en microelectrónica.

Sería deseable disponer de otra fuente de silicio para producir silicio adaptado a los productos fotovoltaicos. En particular, los desechos de la industria microelectrónica tienen el riesgo de resultar rápidamente insuficientes para satisfacer las necesidades de las técnicas fotovoltaicas.

Actualmente, se busca afinar el silicio fabricado para aplicaciones metalúrgicas a fin de obtener silicio de una pureza adaptada a las técnicas fotovoltaicas. El silicio utilizado en metalurgia puede contener varios porcentajes de impurezas, tales como hierro, titanio, boro, fósforo, etc.

Un ejemplo de procedimiento de afinado se describe en la patente francesa FR 2 772 741 a nombre del C.N.R.S. No obstante, este documento no describe un procedimiento completo de fabricación industrial de bloques de silicio que se puedan utilizar directamente para la realización de productos fotovoltaicos ni una instalación de fabricación industrial de bloques de silicio que se puedan utilizar directamente para la realización de productos fotovoltaicos.

La presente invención pretende proponer un procedimiento y una instalación de fabricación de bloques de un material semiconductor, en particular silicio, que presenten un grado de pureza suficiente para una utilización directa para la realización de productos fotovoltaicos y/o de fabricación de bloques del material semiconductor que tengan un grado de pureza inferior al nivel requerido para una utilización directa en la realización de productos fotovoltaicos y destinados a ser tratados ulteriormente para presentar un grado de pureza suficiente para las técnicas fotovoltaicas, permitiendo dicho procedimiento y dicha instalación una fabricación industrial completamente automatizable de dichos bloques del material semiconductor.

Además, la presente invención se refiere a un procedimiento y a una instalación de fabricación de bloques del material semiconductor que permitan la fabricación industrial continua de los bloques el material semiconductor.

Para alcanzar estos objetivos, la presente invención prevé una instalación de fabricación de bloques de un material semiconductor, que comprende al menos un primer recinto que contiene una atmósfera de al menos un gas neutro y que comprende un sistema de fusión adaptado para fundir el material semiconductor, un sistema de purificación adaptado para eliminar impurezas del material semiconductor fundido y un sistema de desplazamiento de un crisol de cristalización que contiene el material semiconductor fundido y purificado por el sistema de purificación; y que comprende al menos un segundo recinto que contiene

una atmósfera de dicho al menos un gas neutro y unido al primer recinto por una abertura, estando una puerta móvil adaptada para cerrar herméticamente dicha abertura, estando el sistema de desplazamiento adaptado para desplazar el crisol de cristalización en el segundo recinto antes de que el material semiconductor fundido y purificado comience a solidificarse, conteniendo el segundo recinto un sistema de refrigeración adaptado para favorecer la solidificación del material semiconductor fundido y purificado.

Según un modo de realización de la invención, el sistema de refrigeración está adaptado para favorecer la segregación de impurezas durante la solidificación del material semiconductor fundido y purificado en el segundo recinto.

Según un modo de realización de la invención, el sistema de refrigeración está adaptado para favorecer la solidificación del material semiconductor fundido y purificado sin segregación de impurezas en el segundo recinto.

Según un modo de realización de la invención, el primer recinto está dividido en un recinto principal y un recinto secundario que comunica con el recinto principal por una abertura, estando una puerta móvil adaptada para cerrar herméticamente dicha abertura, conteniendo el recinto secundario el sistema de fusión y el sistema de purificación, conteniendo el recinto principal al menos en parte el sistema de desplazamiento y estando unido el segundo recinto al recinto principal.

Según un modo de realización de la invención, el sistema de fusión comprende un crisol de fusión distinto del crisol de cristalización, comprendiendo la instalación un medio para derramar el material semiconductor fundido y purificado del crisol de fusión en el crisol de cristalización.

Según un modo de realización de la invención, el crisol de fusión es un crisol frío basculante.

Según un modo de realización de la invención, el sistema de fusión está adaptado para hacer que el material semiconductor se funda directamente en el crisol de cristalización.

Según un modo de realización de la invención, el sistema de desplazamiento comprende un brazo articulado cuyo extremo libre está adaptado para fijarse temporalmente al crisol de cristalización.

Según un modo de realización de la invención, la instalación comprende una pantalla de protección que se interpone entre el sistema de fusión y el sistema de purificación y está adaptada para delimitar con una pared del primer recinto un volumen de confinamiento que contiene el sistema de purificación, comprendiendo la pantalla de protección un orificio enfrente del cual está destinada a situarse la superficie libre del material semiconductor fundido por el sistema de fusión durante el funcionamiento del sistema de purificación.

La presente invención prevé asimismo un procedimiento de fabricación de bloques de un material semiconductor que comprende las etapas que consisten en llenar un crisol de fusión del material semiconductor sólido en un primer recinto que contiene una atmósfera de al menos un gas neutro; hacer que se funda el material semiconductor sólido; eliminar impurezas del material semiconductor fundido; desplazar automáticamente el crisol de fusión, o un crisol de cristalización en el cual se ha vertido el material semiconductor fundido y purificado, desde el primer

recinto hasta un segundo recinto, que contiene una atmósfera de dicho al menos un gas neutro y está unido al primer recinto, antes del inicio de la solidificación del material semiconductor fundido y purificado; aislar herméticamente el segundo recinto con respecto al primer recinto; y refrigerar el material semiconductor en el segundo recinto para solidificar el material semiconductor fundido y purificado.

Estos objetos, características y ventajas, así como otros de la presente invención serán expuestos con detalle en la descripción siguiente de los ejemplos de realización particulares dada a título no limitativo haciendo referencia a las figuras adjuntas, en las que:

la figura 1 es una sección parcial y esquemática desde arriba de un primer ejemplo de realización de una instalación de fabricación de silicio según la invención;

la figura 2 es una sección parcial y esquemática según la línea II-II de la figura 1;

las figuras 3A a 3D ilustran etapas sucesivas de un ejemplo de procedimiento de fabricación según la invención;

la figura 4 es una sección esquemática de una parte de la instalación de fabricación según la invención; y

la figura 5 es una sección parcial y esquemática por un lado de un segundo ejemplo de realización de una instalación de fabricación según la invención.

Los mismos elementos se han designado por las mismas referencias en las diferentes figuras. Por razones de claridad, solamente se han representado en las diferentes figuras los elementos de la instalación que son necesarios para la comprensión de la invención.

Las figuras 1 y 2 representan un primer ejemplo de realización de una instalación 10 de fabricación de silicio que comprende un recinto principal 12 paralelepípedo de lados rectangulares y unos recintos secundarios 14 paralelepípedos de lados rectangulares distribuidos alrededor del recinto principal 12. A título de ejemplo, en la figura 1 se representan cinco recintos secundarios 14. Unas aberturas 16 están previstas a través del recinto principal 12 y de cada recinto secundario 14 y permiten que el volumen interno del recinto principal 12 comunique con el volumen interno de cada recinto secundario 14. La instalación 10 comprende una puerta estanca 18 al nivel de cada abertura 16 para aislar herméticamente el volumen interno del recinto principal 12 con respecto al volumen interno del recinto secundario 14 asociado. Cada puerta 18, por ejemplo del tipo batiente o deslizante, es accionada por un mecanismo no representado que permite liberar la abertura 16 entre el recinto secundario 14 correspondiente y el recinto principal 12.

Una atmósfera de un gas neutro o de una mezcla de gases neutros, por ejemplo de argón o de helio a una presión ligeramente superior a la presión atmosférica, se mantiene en el recinto principal 12 y en los recintos secundarios 14 para evitar la penetración de oxígeno en los diferentes recintos. Cuando la puerta 18 asociada a un recinto secundario 14 está cerrada, puede mantenerse una atmósfera de gas neutro en el recinto secundario 14 a una presión diferente de la presión en el recinto principal 12. Al menos un recinto secundario 14 comprende una abertura no representada que puede cerrarse herméticamente y que desemboca en el exterior de la instalación 10. Dicho recinto secundario desempeña el papel de una esclusa

de entrada/salida para la introducción o la retirada de objetos en la instalación 10. El recinto secundario de entrada/salida 14 comprende entonces un medio para establecer una atmósfera del gas neutro en dicho recinto secundario de entrada/salida 14 antes de la apertura de la puerta 18 que lo une al recinto principal 12. Por otra parte, la instalación 10 según la invención puede comprender un acceso directo al recinto principal 12 para facilitar el mantenimiento del mismo.

El recinto principal 12 comprende un robot portador 20 constituido, por ejemplo, por un brazo poliarticulado, representado esquemáticamente en las figuras 1 y 2, que comprende una base 22 fijada al recinto principal 12, a partir de la cual se extienden varios tramos 24 articulados unos con respecto a otros. El extremo libre del robot portador 20 comprende un medio de enganche 30 adaptado para fijarse a un crisol 32. Se trata por ejemplo de un crisol a base de sílice. El robot portador 20 es controlado automáticamente, por ejemplo, por un programa de control prememorizado. El robot portador 20 puede controlarse para hacer que el medio de enganche 30 penetre en un primer recinto secundario 14 por la abertura 16 correspondiente, fije el medio de enganche 30 a un crisol 32 dispuesto en el primer recinto secundario 14 y desplace el crisol 32 así fijado al medio de enganche 30 para retirarlo del recinto secundario 14 por la abertura 16 asociada y disponerlo en un segundo recinto secundario 14.

Según una variante de la invención, la instalación 10 comprende un crisol 34 montado móvil sobre unos raíles 36. El robot portador 20 está adaptado entonces para arrastrar o empujar el crisol rodante 34 sobre los raíles 36. Los raíles 36 penetran en ciertos recintos secundarios 14 por medio de las aberturas 16 correspondientes. El robot portador 20 está adaptado entonces para desplazar el crisol rodante 34 desde un primer recinto secundario hacia un segundo recinto secundario.

Entre los recintos secundarios 14, un recinto secundario contiene un sistema de fusión y de purificación y un recinto secundario constituye un sistema de refrigeración (no representados en las figuras 1 y 2). A título de ejemplo, en la figura 1, el recinto secundario 14 adosado al flanco izquierdo del recinto principal 12, de volumen más importante, comprende el sistema de fusión y de purificación. Los otros recintos secundarios 14 contienen cada uno un sistema de refrigeración como se describirá con mayor detalle a continuación.

Las figuras 3A a 3D representan esquemáticamente el recinto principal 12 y el recinto secundario 14 que contiene el sistema de fusión y de purificación 40, denominado en lo sucesivo recinto de fusión y de purificación. El sistema de fusión y de purificación 40 comprende un horno de inducción 42 montado sobre un sistema de elevación y de basculación 44 que permite un desplazamiento vertical del horno 42 y una basculación de dicho horno 42 alrededor de un eje horizontal. El horno de inducción 42 comprende una bobina de inducción no representada que rodea un crisol de fusión 45 cilíndrico del tipo crisol caliente o crisol frío, constituido por ejemplo por un crisol a base de grafito mezclado con arcilla o a base de carburo de silicio, provisto de un contracrisol interior a base de sílice. El horno 42 comprende un pico de colada no representado. El sistema de fusión y de purificación 40 comprende una antorcha de plasma inductivo 46 dispuesta al nivel de una pared superior 47 del recinto

to secundario 14 en la vertical del horno de inducción 42. La antorcha de plasma inductivo 46 está asociada a un inyector de gases reactivos (no representado), tales como oxígeno, cloro, nitrógeno, etc.

El recinto secundario 14 de fusión y de purificación comprende un sistema de alimentación, no representado, del crisol de fusión 45 con pedazos de silicio metalúrgico, por ejemplo en forma de gránulos. Puede tratarse de una tolva escamoteable. El recinto 14 comprende además una pantalla de protección 48 de forma anular, que contiene una abertura central 49, adaptada para desplazarse según la dirección vertical entre una posición baja de reposo y una posición alta en la que la pantalla de protección 48 está próxima a la pared superior 47 del recinto secundario 14 y delimita con la pared superior 47 un volumen de confinamiento 50. La pantalla de protección 48 es desplazada por el horno de inducción y guiada en su desplazamiento por un sistema de guiado no representado. Cuando el horno 42 y la pantalla de protección 48 están en posición alta, el contenido del crisol de fusión 45 está expuesto a la antorcha de plasma 46 por la abertura 49 de la pantalla de protección 48. El recinto secundario 14 comprende un sistema 52 de evacuación de los compuestos volátiles presentes en el volumen de confinamiento 50. Se trata por ejemplo de una boquilla unida a una bomba de aspiración que favorece la formación de un movimiento turbulento en el volumen de confinamiento 50 a fin de evacuar los compuestos volátiles y los compuestos sólidos que pudieran formarse en las zonas frías del volumen de confinamiento 50.

Se describirán ahora las primeras etapas del procedimiento de fabricación de silicio según la invención haciendo referencia a las figuras 3A a 3D.

La figura 3A ilustra una primera etapa en la cual el recinto secundario 14 de fusión y de purificación está aislado del recinto principal 12 mediante el cierre de la puerta 18 asociada. El horno de inducción 42 está entonces en posición baja. Se controla el sistema de alimentación para verter gránulos de silicio metalúrgicos en el crisol de fusión 45. Los gránulos de silicio son fundidos entonces alimentando la bobina del horno 42 con una tensión de frecuencia media, por ejemplo del orden de una decena de kilohertzios para un crisol de fusión 45 cilíndrico de algunas centenas de milímetros de diámetro. El llenado de crisol de fusión 45 es progresivo, añadiéndose nuevos gránulos de silicio cuando se han fundido los gránulos de silicio vertidos anteriormente en el crisol de fusión 45, hasta que el crisol de fusión 45 esté prácticamente lleno hasta el borde. Se disminuye entonces la frecuencia de la tensión de alimentación de la bobina del horno de inducción 42 para favorecer un removido del silicio fundido en el crisol de fusión 45.

La figura 3B ilustra la etapa de purificación del silicio fundido en el crisol de fusión 45. Para ello, el horno de inducción 42 es elevado por el sistema de elevación y de basculación 44 hasta que la superficie libre del silicio fundido en el crisol de fusión 45 esté en una posición adaptada para ser barrida eficazmente por la antorcha de plasma 46. Durante el movimiento ascendente, el horno de inducción 42 arrastra la pantalla de protección 48 y la acerca a la pared superior 47. En posición alta, la pantalla de protección 48 delimita con la pared superior 47 y el horno 42, el volumen de confinamiento 50.

Se realiza entonces la purificación del silicio fun-

dido, en la cual se introducen diferentes gases reactivos en el plasma. Los gases reactivos reaccionan con impurezas presentes en el silicio líquido a fin de formar compuestos volátiles que son evacuados por medio del sistema de evacuación 52. No obstante, los gases reactivos tienden asimismo a reaccionar con el silicio fundido para formar compuestos volátiles, tales como SiO, que deben evacuarse asimismo. La pantalla de protección 48 protege el horno de inducción 42 durante el funcionamiento de la antorcha de plasma 46 y tiende a retener los compuestos volátiles en el volumen de confinamiento 50. La pantalla de protección 48 puede enfriarse durante el funcionamiento de la antorcha de plasma 46. Para evitar cualquier paso no deseable de compuestos volátiles desde el volumen de confinamiento 50 hacia el resto del recinto 14, es ventajoso prever una sobrepresión en el recinto 14 con respecto al volumen de confinamiento 50. Se puede prever además, al nivel de la pantalla de protección 48, una cortina gaseosa que limite todavía más el paso de compuestos volátiles desde el volumen de confinamiento 50 hacia el resto del recinto secundario 14. En el curso de la purificación, el horno de inducción 42 puede ser desplazado para ajustar la posición de la superficie libre del silicio fundido contenido en el crisol de fusión 45 para que dicha superficie libre se encuentre permanentemente en una posición adaptada para ser barrida eficazmente por la antorcha de plasma 46. Además, se puede añadir silicio sólido al crisol de fusión 45 en el curso de la purificación para ajustar el nivel de silicio fundido.

Antes del final de la purificación, se controla el robot portador 20 para llevar un crisol de cristalización 32 a otro recinto secundario 14 en el cual el crisol 32 es precalentado por un sistema de calentamiento. Justo antes del final de la purificación, se controla el robot portador 20 para buscar el crisol 32 precalentado y llevarlo al recinto principal 12.

La figura 3C ilustra la etapa durante la cual el horno de inducción 42 es desplazado en posición baja al final de la etapa de purificación. Se abre la puerta 18 del recinto 14 de fusión y de purificación, permitiendo que el robot portador 20 introduzca el crisol 32 precalentado en el recinto 14 de fusión y de purificación.

La figura 3D ilustra la etapa durante la cual el horno 42 es hecho bascular por medio del sistema de elevación y de basculación 44 para verter el silicio fundido y purificado desde el crisol de fusión 45 hacia el crisol de cristalización 32. Una parte del silicio fundido y purificado puede conservarse en el crisol de fusión 45 para facilitar la fundición de los gránulos de silicio durante un próximo llenado del crisol de fusión 45.

Las etapas siguientes del procedimiento de fabricación según la invención consisten en controlar el robot portador 20 para retirar el crisol de cristalización 32 del recinto secundario 14 de fusión y de purificación 40 y depositarlo en otro recinto secundario 14 que comprende un sistema de refrigeración, tal como se representa en la figura 4. La duración de la transferencia del crisol de cristalización 32 entre los dos recintos 14 debe ser suficientemente breve para evitar cualquier principio de solidificación del silicio fundido y purificado. La duración de la transferencia es ventajosamente inferior a 1 minuto y, preferentemente, inferior a 30 segundos.

La figura 4 representa esquemáticamente un ejemplo de sistema de refrigeración 60 en el cual se dispo-

ne un crisol de cristalización 32 que contiene silicio fundido y purificado a partir del cual se desea obtener un bloque de silicio que tenga una calidad suficiente para técnicas fotovoltaicas. El sistema de refrigeración comprende una solera 64 sobre la cual se deposita el crisol de cristalización 32. La solera 64 está constituida por un material buen conductor del calor y es enfriada por un fluido de refrigeración que circula en conductos 66 que atraviesan la solera 64. El sistema de refrigeración comprende además unas placas laterales 68 que rodean el crisol de cristalización 32. Cada placa lateral 68 está constituida por un material que limita al máximo cualquier intercambio térmico con el crisol 32. El sistema de refrigeración 60 comprende una placa de difusión 70 enfrente de la superficie del silicio contenido en el crisol 32, estando la placa de difusión 70 constituida por un material buen conductor del calor que es calentado por medio de una bobina de inducción 72. Dicho sistema de refrigeración 60 permite solidificar progresivamente el silicio contenido en el crisol de cristalización 32 desde la base del crisol 32 hasta la superficie libre del silicio, controlando para ello el frente de solidificación del silicio que corresponde, en este caso, sustancialmente a un plano paralelo la base del crisol 32 y que progresa desde la base del crisol 32 hasta la superficie libre. Se favorece entonces la segregación de las impurezas en la fase líquida del silicio en el curso de la solidificación, las cuales son atrapadas al nivel de la superficie libre del bloque de silicio sólido obtenido. Basta entonces con retirar una capa superficial en la superficie del bloque de silicio para obtener un bloque de silicio adaptado para la realización de productos fotovoltaicos. La forma del bloque de silicio solidificado depende de la forma interior del crisol de cristalización 32. Se utiliza entonces preferentemente un crisol de cristalización 32 de base rectangular para obtener un bloque de silicio paralelepípedo. Dicho sistema de refrigeración 60 es utilizado ventajosamente cuando se desea obtener un bloque de silicio cuyo grado de pureza sea suficiente para una utilización directa en la fabricación de productos fotovoltaicos, y cuando el silicio de base utilizado para el llenado del crisol de fusión 45 tiene un grado de pureza tal que una solidificación sin segregación de impurezas del silicio fundido y purificado no permitiría obtener un bloque de silicio que tenga un grado de pureza suficiente para una utilización directa en la fabricación de productos fotovoltaicos.

Una vez que está completamente solidificado, el crisol 32, que contiene el bloque de silicio solidificado, es desplazado hacia el recinto secundario de entrada/salida para ser retirado de la instalación. Puede introducirse entonces un nuevo crisol en la instalación 10. El recinto secundario 14 que contiene el sistema de refrigeración 60 puede corresponder al recinto de entrada/salida.

El sistema de refrigeración 60 descrito anteriormente puede utilizarse para el precalentamiento del crisol de cristalización 32 como se ha descrito en relación con la figura 3B. En efecto, un crisol 32 vacío situado en el sistema de refrigeración 60 puede calentarse por medio de la placa de difusión 70.

Según una variante de la invención, el sistema de refrigeración comprende unos medios para acelerar la evacuación de calorías del crisol sin favorecer necesariamente una progresión particular del frente de solidificación del silicio contenido en el crisol. No se ob-

tiene entonces una segregación de las impurezas en el bloque de silicio. Dicho sistema de refrigeración puede utilizarse para la obtención de un bloque de silicio cuyo grado de pureza sea suficiente para una utilización directa en la fabricación de productos fotovoltaicos, utilizando para el llenado del crisol de fusión 45 un silicio que tenga un grado de pureza suficiente, de modo que la solidificación sin segregación de impurezas del silicio fundido y purificado permita obtener directamente un bloque de silicio que tiene un grado de pureza suficiente en la fabricación de productos fotovoltaicos. En el caso en que el silicio utilizado para el llenado del crisol de fusión 45 tenga un grado de pureza tal que una solidificación sin segregación de impurezas del silicio fundido y purificado no permita obtener un bloque de silicio con un grado de pureza suficiente para una utilización directa en la fabricación de productos fotovoltaicos, el bloque de silicio obtenido no es apropiado para una utilización directa en técnicas fotovoltaicas. No obstante, dicho bloque puede refundirse posteriormente para proporcionar un bloque de silicio adaptado para la realización de productos fotovoltaicos.

En caso de la utilización de un sistema de refrigeración sin segregación de impurezas, no es necesario prever un crisol de cristalización 32 que favorezca la formación de un frente de solidificación particular durante la solidificación del silicio fundido y purificado. El crisol 32 puede ser entonces una lingotera de cobre o de hierro fundido. Al ser dicho crisol generalmente demasiado pesado para ser elevado por el robot portador 20, es ventajoso entonces utilizar un crisol giratorio 34 que se desplace sobre unos raíles 36, como se ilustra en las figuras 1 y 2. El robot portador 20 desplaza entonces el crisol rodante 34 en el recinto secundario 14 que contiene el sistema de fusión y de purificación 40 para el llenado del crisol rodante 34 y después desplaza el crisol rodante 34 hacia un recinto secundario 14 que contiene el sistema de refrigeración.

De forma general, se pueden prever entonces, entre los recintos secundarios 14 que rodean el recinto principal 12, unos recintos secundarios que comprenden el sistema de refrigeración 60 representado en la figura 4 para la obtención de bloques de silicio que se puedan utilizar directamente en la realización de productos fotovoltaicos y unos recintos secundarios 14 que contengan un sistema de refrigeración que no entraña ninguna segregación de impurezas y que permitan, según la calidad del silicio utilizado para llenar el crisol de fusión 45, la obtención de bloques de silicio que se puedan utilizar directamente en la realización de productos fotovoltaicos o la obtención de bloques de silicio de calidad inapropiada para una utilización directa en la realización de productos fotovoltaicos, pero que pueden ser tratados posteriormente. El número de recintos secundarios 14 que contienen los sistemas de refrigeración está previsto para permitir un funcionamiento continuo de la instalación 10 según la invención. En efecto, la duración de la etapa de solidificación del silicio fundido y purificado es generalmente superior a la duración de las etapas de fusión y de purificación.

La figura 5 representa un segundo ejemplo de realización de la instalación 10 de fabricación según la invención en el cual se confunden el recinto principal 12 y el recinto secundario 14 que contiene el sistema de fusión y de purificación 40. Uno o varios recintos

secundarios 14, no representados, que contienen cada uno de ellos un sistema de refrigeración, pueden estar previstos alrededor del recinto 12 de forma análoga a lo que se ha descrito en relación con la figura 1. El robot portador 20 está adaptado para desplazar un crisol 74 que desempeña a la vez el papel del crisol de fusión 45 y del crisol de cristalización 32 del primer ejemplo de realización. La pantalla de protección 48 puede mantenerse entonces permanentemente cerca de la pared superior 47 del recinto 12 para delimitar el volumen de confinamiento 50. El sistema de fusión y de purificación 40 comprende entonces un sistema de calentamiento por inducción 76, constituido por ejemplo por una o varias bobinas de inducción, dispuesto permanentemente al nivel de la pantalla de protección 48 en el exterior del volumen de confinamiento 50.

El robot portador 20 está adaptado para desplazar el crisol 74 hacia una primera posición en la cual el crisol 74 se llena de gránulos de silicio sólidos, y después desplazar el crisol 74 hacia una segunda posición, representada en la figura 5, en la cual el crisol 74 está rodeado por el sistema de calentamiento por inducción 76. El sistema de calentamiento es alimentado entonces a una frecuencia que permite la fusión del silicio en el crisol 74. Una vez acabada la fusión, el sistema de calentamiento por inducción 76 es alimentado a una frecuencia inferior adaptada para favorecer el removido del silicio fundido en el crisol 74. Se realiza entonces la purificación como se ha descri-

to anteriormente por medio de la antorcha de plasma 46. Una vez acabada la purificación, el robot portador 20 desplaza el crisol 74 y lo deposita en un recinto secundario 14, no representado, que contiene un sistema de refrigeración que conlleva la formación de un bloque de silicio como se ha descrito anteriormente.

El segundo ejemplo de realización de la instalación de fabricación según la invención es ventajoso con respecto al primer ejemplo de realización porque evita la etapa de vertido del silicio fundido y purificado desde el crisol de fusión hacia el crisol de cristalización.

La presente invención se ha descrito en el marco de la fabricación de silicio destinado a las técnicas fotovoltaicas. Resulta evidente que se aplica asimismo a cualquier tipo de material semiconductor que pueda utilizarse para la realización de células fotovoltaicas. Dichos materiales semiconductores son, por ejemplo, arsenuro de galio (AsGa) o germanio (Ge).

Evidentemente, la presente invención es susceptible de diversas variantes y modificaciones evidentes para el experto en la materia. En particular, la purificación del silicio fundido puede realizarse por cualquier medio apropiado. En particular, puede utilizarse un sistema de inyección de burbujas de gases reactivos directamente en el silicio fundido. Además, el recinto principal y los recintos secundarios pueden presentar una forma diferente de la forma paralelepípedica. A título de ejemplo, los recintos pueden presentar una forma general cilíndrica o esférica.

REIVINDICACIONES

1. Instalación (10) de fabricación de bloques de un material semiconductor, que comprende:

al menos un primer recinto (12, 14) que contiene una atmósfera de al menos un gas neutro y que comprende un sistema de fusión (42) adaptado para hacer que se funda el material semiconductor, un sistema de purificación (46) adaptado para eliminar impurezas del material semiconductor fundido, y un sistema de desplazamiento (20) de un crisol de cristalización (32, 34) que contiene material semiconductor fundido y purificado por el sistema de purificación; y

al menos un segundo recinto (14) que contiene una atmósfera de dicho al menos un gas neutro y unido al primer recinto por una abertura (16), estando una puerta móvil (18) adaptada para cerrar herméticamente dicha abertura, estando el sistema de desplazamiento adaptado para desplazar el crisol de cristalización en el segundo recinto antes de que el material semiconductor fundido y purificado comience a solidificarse, conteniendo el segundo recinto un sistema de refrigeración (60) adaptado para favorecer la solidificación del material semiconductor fundido y purificado.

2. Instalación según la reivindicación 1, en la que el sistema de refrigeración (60) está adaptado para favorecer la segregación de impurezas durante la solidificación del material semiconductor fundido y purificado en el segundo recinto (14).

3. Instalación según la reivindicación 1, en la que el sistema de refrigeración (60) está adaptado para favorecer la solidificación del material semiconductor fundido y purificado sin segregación de impurezas en el segundo recinto (14).

4. Instalación según la reivindicación 1, en la que el primer recinto está dividido en un recinto principal (12) y un recinto secundario (14) que comunica con el recinto principal por una abertura (16), estando una puerta móvil (18) adaptada para cerrar herméticamente dicha abertura, conteniendo el recinto secundario el sistema de fusión (40) y el sistema de purificación (46), conteniendo el recinto principal al menos en parte el sistema de desplazamiento (20) y estando el segundo recinto (14) unido al recinto principal.

5. Instalación según la reivindicación 4, en la que el sistema de fusión (42) comprende un crisol de fusión (45) distinto del crisol de cristalización (32, 34),

comprendiendo la instalación un medio para verter material semiconductor fundido y purificado del crisol de fusión en el crisol de cristalización.

6. Instalación según la reivindicación 5, en la que el crisol de fusión (45) es un crisol frío basculante.

7. Instalación según la reivindicación 1, en la que el sistema de fusión (42) está adaptado para hacer que el material semiconductor se funda directamente en el crisol de cristalización (32).

8. Instalación según la reivindicación 1, en la que el sistema de desplazamiento (20) comprende un brazo articulado cuyo extremo libre está adaptado para fijarse temporalmente al crisol de cristalización (32, 34).

9. Instalación según la reivindicación 1, que comprende una pantalla de protección (48) que se interpone entre el sistema de fusión (42) y el sistema de purificación (46) y está adaptada para delimitar con una pared (47) del primer recinto (12) un volumen de confinamiento (50) que contiene el sistema de purificación, comprendiendo la pantalla de protección un orificio (49) enfrente del cual está destinada a situarse la superficie libre del material semiconductor fundido por el sistema de fusión durante el funcionamiento del sistema de purificación.

10. Procedimiento de fabricación de bloques de un material semiconductor, que comprende las etapas siguientes:

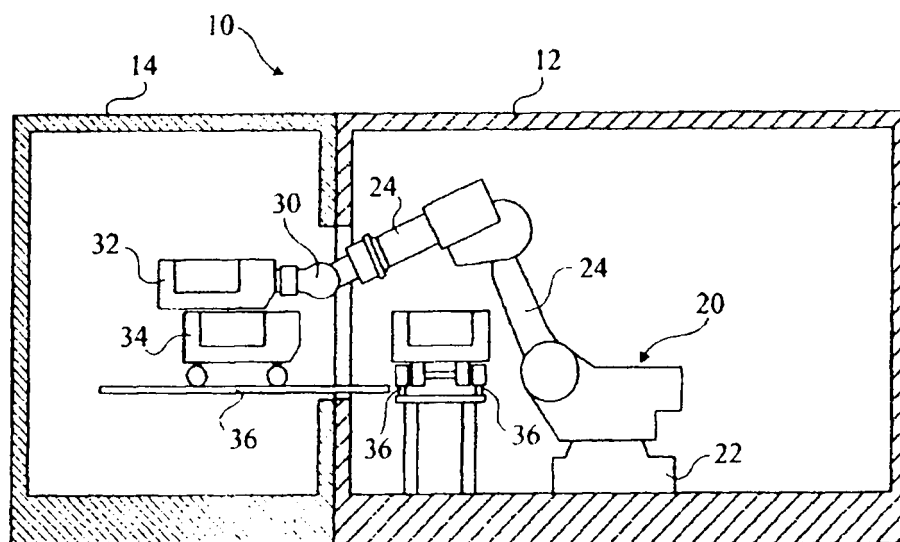
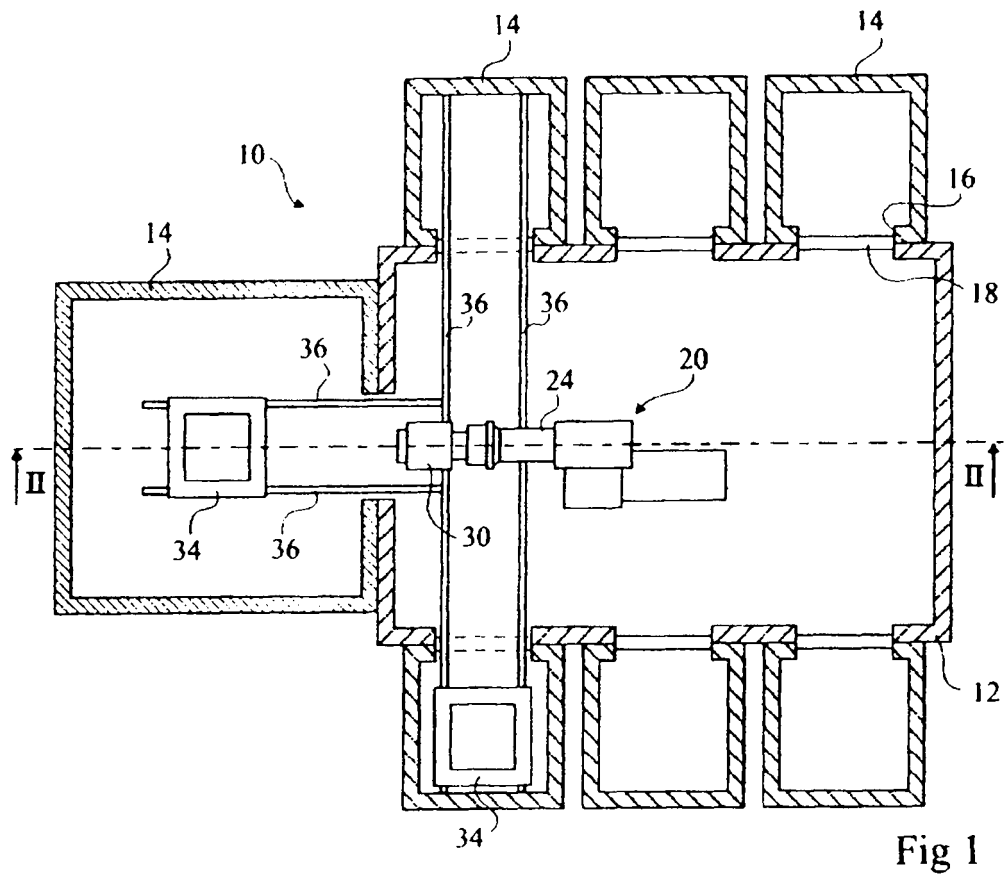
llenar un crisol de fusión (45) con el material semiconductor sólido en un primer recinto (14) que contiene una atmósfera de al menos un gas neutro;

hacer que se funda el material semiconductor sólido;

eliminar impurezas del material semiconductor fundido; desplazar automáticamente el crisol de fusión o un crisol de cristalización (32) en el cual se ha vertido el material semiconductor fundido y purificado, desde el primer recinto hasta un segundo recinto (14), que contiene una atmósfera de dicho al menos un gas neutro y unido al primer recinto, antes del inicio de la solidificación del material semiconductor fundido y purificado;

aislar herméticamente el segundo recinto con respecto al primer recinto; y

enfriar el material semiconductor en el segundo recinto para solidificar el material semiconductor fundido y purificado.



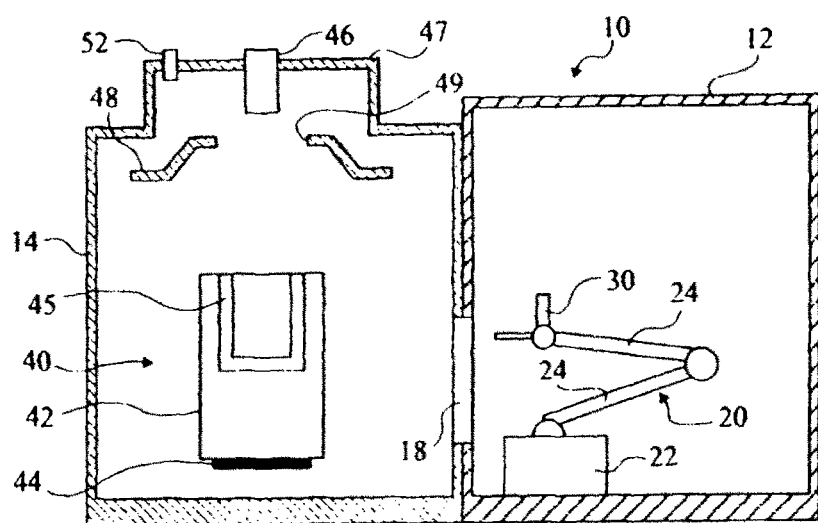


Fig 3A

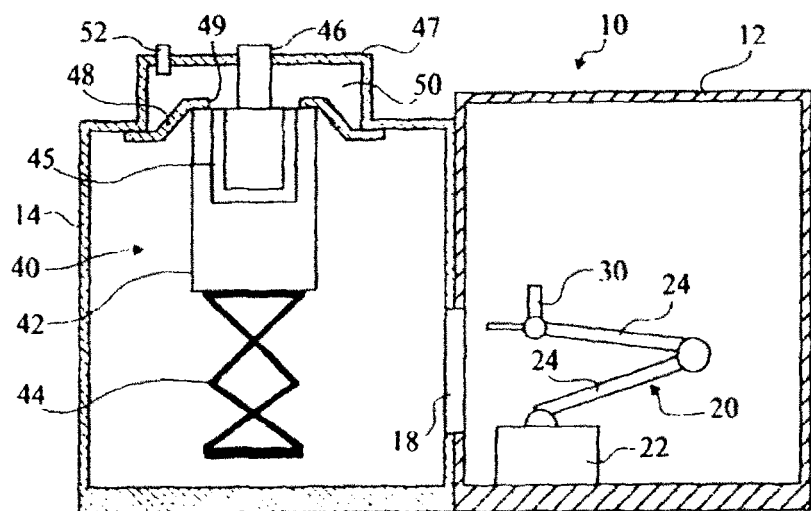


Fig 3B

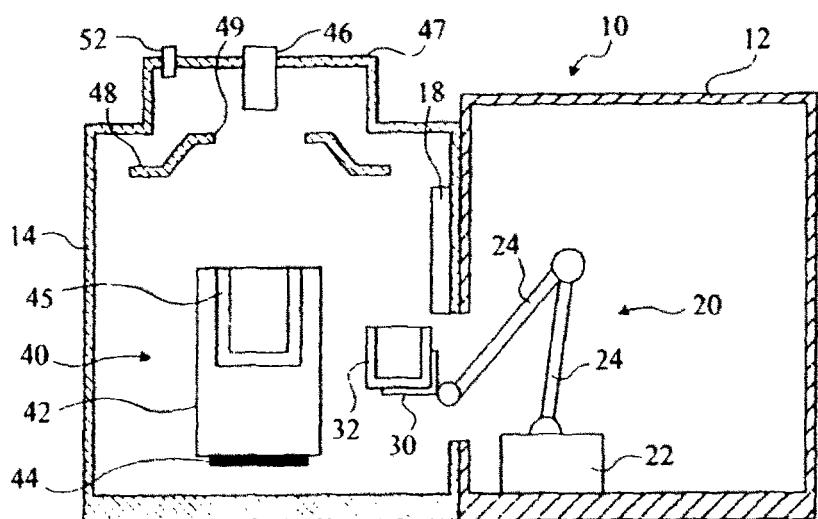


Fig 3C

