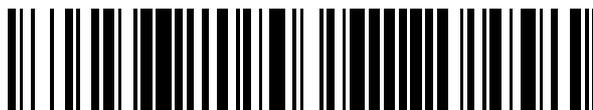


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 585 677**

51 Int. Cl.:

C01B 33/035 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.05.2007** **E 07746494 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.07.2016** **EP 2024536**

54 Título: **Aparato y métodos para preparación de varillas de silicio de alta pureza usando medios de núcleo mixtos**

30 Prioridad:

11.05.2006 KR 20060042301

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

07.10.2016

73 Titular/es:

**KOREA RESEARCH INSTITUTE OF CHEMICAL
TECHNOLOGY (100.0%)
No. 100, Jang-dong, Yuseong-gu
Daejeon 305-343, KR**

72 Inventor/es:

**KIM, HEE YOUNG;
YOON, KYUNG KOO;
PARK, YONG KI;
SO, WON WOOK y
CHOI, WON CHOON**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

Observaciones :

**Véase nota informativa (Remarks) en el
folleto original publicado por la Oficina
Europea de Patentes**

ES 2 585 677 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

Aparato y métodos para preparación de varillas de silicio de alta pureza usando medios de núcleo mixtos

5 **Campo técnico**

La presente invención se refiere a un método y un aparato para preparar silicio policristalino con forma de varilla. Más particularmente, la presente invención se refiere a un método y un aparato que pueden minimizar dificultades en la construcción y funcionamiento de un sistema de calentamiento eléctrico para calentar un medio de núcleo
10 instalado en un reactor de deposición de silicio usado para producción a granel de silicio policristalino con forma de varilla (silicio policristalino, silicio multicristalino, polisilicio o poli-Si).

Antecedentes de la técnica

15 En general, el silicio policristalino de alta pureza se usa como un material de partida importante para un dispositivo semiconductor, una celda solar, una unidad de procesamiento químico, sistema industrial, o un dispositivo de precisión de tamaño pequeño y otro altamente integrado, que está formado respectivamente por un material con una pureza elevada o propiedades de semiconducción.

20 El silicio policristalino se prepara usando un método de deposición de silicio, en el que los átomos de silicio se depositan continuamente en la superficie del silicio por descomposición térmica y/o reducción de hidrógeno de un gas de reacción que contiene átomos de silicio altamente purificados.

25 Para producción a granel de silicio policristalino, se ha usado principalmente un reactor de deposición de tipo campana de vidrio, de tipo tubular o de tipo cámara. De acuerdo con el reactor de deposición, el silicio policristalino se prepara por lo general con la forma de una varilla con una sección transversal circular u ovalada cuyo diámetro está en el intervalo de aproximadamente 50 - 300 mm.

30 En el reactor de deposición, un medio de núcleos se instala básicamente para la preparación de la varilla de silicio. Para producción comercial, el medio de núcleo está formado por una pluralidad de unidades de núcleo formadas respectivamente por un material de núcleo (es decir, elementos de núcleo), a través del que la electricidad puede fluir a una temperatura de reacción de deposición. Las unidades de núcleo que constituyen un medio de núcleo se conectan a unidades de electrodo, respectivamente, para completar un medio de calentamiento eléctrico en la cubierta del reactor. A continuación, el silicio se deposita continuamente en la superficie del medio de núcleo
35 calentado eléctricamente mediante una reacción de deposición de un gas de reacción que comprende un componente que contiene silicio. Como se ha descrito anteriormente, la salida de deposición de silicio se forma y se alarga en una dirección del grosor, es decir, en una dirección radial, hacia el exterior de la sección transversal concéntrica de la salida de deposición, y de este modo se puede obtener finalmente un producto de silicio policristalino con forma de varilla.

40 Para obtener un producto de pureza en elevada con contaminación mínima con impurezas, las unidades denunció representadas por medio de núcleo pueden estar formadas o fabricadas con elementos de núcleo no contaminante. Un material ideal para el elemento de núcleo es silicio de alta pureza que se forma al igual que una varilla, un hilo o un filamento, un conducto hueco o un tubo, una banda o cinta, o una gran, etc.
45

Las varillas de silicio policristalino obtenidas finalmente mediante formación de la salida de deposición alrededor del medio de núcleo (i) se dividen o pulverizan en forma de trozos, perlas, virutas o partículas, (ii) se agrupan de acuerdo con el tamaño, (iii) se someten a una etapa adicional de limpieza, si fuera necesario, para retirar componentes de impurezas formadas en la superficie de los fragmentos de silicio durante la etapa de pulverización,
50 (iv) se funden en un crisol que se calienta por encima del punto de fusión del silicio, y a continuación (v) se les da forma en un lingote, bloque, lámina, cinta o película, etc., de acuerdo con un uso de las mismas.

Un medio de calentamiento eléctrico construido dentro del la cubierta del reactor de deposición consiste en un medio de núcleo que se calienta eléctricamente y un medio de electrodo que conecta eléctricamente el medio de núcleo a una fuente de suministro de energía eléctrica situada fuera de la cubierta y/o que conecta eléctricamente las unidades de núcleo entre sí. Este medio de calentamiento eléctrico sirve para proporcionar (i) un calentamiento eléctrico requerido para mantener una temperatura de reacción de deposición, (ii) un sustrato de partida para deposición de silicio, y (iii) una estructura mecánica para soportar de forma estable la varilla de silicio cuyo diámetro y peso aumentan a medida que la deposición continúa.
55

60 Cada una de las unidades el núcleo que constituyen el medio de núcleo se deberían preparar o fabricar con un material de elemento de núcleos de modo que se satisficiera la función y papel de los medios de núcleo. Para conseguir este fin, (i) un silicio de alta pureza se funde solo o con un componente dopante, (ii) el silicio fundido se somete a crecimiento o colada del cristal, y (iii) el elemento de núcleo se prepara a través de un proceso de la formación y/o un proceso de mecanizado, dando forma de ese modo a su sección transversal en un círculo, un óvalo, un círculo o polígono concéntrico, un triángulo, un tetragono o un ex apoyo, etc.; su diámetro o longitud
65

diagonal puede estar en el intervalo de aproximadamente 3 - 30 mm o 5 - 100 mm, respectivamente, con su longitud siendo aproximadamente 0,5 - 6 m.

5 Hay varias formas para preparar el elemento de núcleo. Cada pieza del elemento de núcleo se puede preparar de una manera secuencial. O, una pluralidad de elementos de núcleo con un tamaño y forma uniformes se puede preparar de forma simultánea simplemente cortando un lingote de cristal individual de gran tamaño. Además, un elemento de núcleo de silicio largo se puede preparar mediante conexión en estado fundido de una pluralidad de piezas cortas de elemento de núcleo en una atmósfera limpia.

10 De acuerdo con la descripción en el documento de referencia de W.C. O'Hara, R.B. Herring y L.P. Hunt, "Handbook of Semiconductor Silicon Technology", pp 46-48, Noyes, Publication, 1990, la preparación de un elemento de núcleo preparado a partir de un material de silicio de alta pureza, tal como una varilla de núcleo, una varilla fina o un filamento de partida con un diámetro pequeño, implica una gran cantidad de carga económica y tecnológica en un proceso para preparar una varilla de silicio policristalino usando el reactor de deposición. Cuando el elemento de núcleo se prepara a partir de un silicio de alta pureza, cuya resistividad es extremadamente elevada a temperatura ambiente y disminuye radicalmente con el aumento de temperatura, el medio de núcleo comienza a calentarse eléctricamente debido a la aparición de una corriente aparente a través de cada unidad de núcleo conectada y fijada a un par de unidades de electrodo solamente después de que las unidades de núcleo que constituyen el medio de núcleo se calienten previamente a una cierta temperatura o superior con un medio de calentamiento adicional para disminuir lo suficiente el valor de la resistividad del silicio. Como se desvela en los documentos de Patente de Estados Unidos n.ºs 4.179.530 (1979) y 5.895.594 (1999), el calentamiento previo del medio de núcleo para preparar una varilla de silicio policristalino requiere medio de calentamiento previo adicional, separado y un procedimiento complicado.

25 El documento de Patente de Estados Unidos n.º 6.221.155 describe un proceso para prepara una varilla de silicio policristalino usando un núcleo de silicio y calentar eléctricamente la varilla de silicio para descomponer un componente gaseoso que contiene silicio hacer crecer silicio policristalino en la varilla de silicio.

30 Por otro lado, los documentos de Patente de Estados Unidos n.ºs 3.941.900 (1976) y 4.215.154 (1990) desvelan una solución técnica para aplicar un calentamiento resistivo eléctrico directo a un medio de núcleo partiendo de temperatura ambiente usando un sistema de suministro de energía eléctrica construido de forma apropiada, en lugar de calentar previamente el elemento de núcleo de silicio alta pureza con un medio de calentamiento previo adicional, separado. Sin embargo, este método también tiene inconvenientes tales como que un circuito y sistema de suministro de energía eléctrica es altamente sofisticado y costoso, y requiere un funcionamiento y control muy complicados y precisos.

40 A diferencia de los métodos con los que el medio de núcleo se calienta previamente con un medio de calentamiento previo separado o se calienta directamente a temperatura ambiente mediante calentamiento resistivo usando sistema de suministro de energía sofisticado, que incorpora una concentración elevada de no dopante artificialmente de tipo p en el elemento de núcleo de silicio hasta que la reducción en gran medida de la resistividad permita calentar eléctricamente el medio de núcleo directamente a temperatura ambiente con electricidad de alto voltaje. Después de calentamiento hasta un intervalo de temperatura determinado previamente, el medio de núcleo se puede calentar fácilmente si fuera necesario con electricidad de bajo voltaje y corriente elevada. Este método tiene un inconveniente por que requiere un medio de suministro de energía eléctrica complicado y un funcionamiento preciso en un amplio intervalo de voltaje y corriente.

50 Por otro lado, si el elemento de núcleo está formado por un material resistivo en el silicio tal como un metal o un material a base de carbono con un valor de resistividad muy inferior al del silicio, una salida de deposición de silicio formada en una unidad de núcleo individual se puede contaminar con los componentes de impureza generados y se puede difundir que se el elemento de núcleo formado por un material que no es silicio. Sin embargo, existe una ventaja que es que, al suministrar una electricidad de baja tensión, el medio de núcleo se puede calentar fácilmente mediante un calentamiento resistivo desde temperatura ambiente a temperatura de reacción de deposición sin una etapa de calentamiento previo adicional, separada. De acuerdo con los documentos de Patente de Estados Unidos n.ºs 5.277.934 (1994) y 5.284.640 (1994), se pueden usar tungsteno o tántalo como el elemento de núcleo en lugar de silicio. Por otro lado, el documento de Patente de Estados Unidos n.º 5.237.454 (1994) ilustra un elemento de núcleo formado por molibdeno, tungsteno o circonio en lugar de material de silicio de alta pureza.

60 El elemento medio de núcleo que no es silicio formado por un material resistivo como se ha descrito anteriormente se puede preparar de forma conveniente y de manera rentable. Sin embargo, no se puede evitar que la salida de deposición obtenida por deposición de silicio se contamine con los componentes de impurezas contenidos en el elemento de núcleo que no es silicio para cada una de las unidades de núcleo que constituyen los medios de núcleo. Por lo tanto, es difícil aplicar el método mencionado anteriormente para usar un medio de núcleo que no es silicio a una producción comercial de una varilla de silicio policristalino de alta pureza porque el requisito de pureza en la cualidad de calidad semiconductor se llegara a convertir recientemente en rigurosa. Un problema fundamental de este tipo también se ha confirmado en la técnica anterior, como se describe en el documento de referencia mencionado anteriormente (1990) de O'Hara *et al.* En el caso de que se use una unidad de núcleo metálico, que no

es de silicio de tipo hilo para el medio de núcleo en lugar del medio de núcleo a base de silicio, existe la ventaja de que un producto de varilla de silicio se puede obtener de forma bastante conveniente. Sin embargo, este método también tiene varias desventajas: en primer lugar, cuando la varilla de silicio se forma finalmente si fuera necesario, la salida de deposición y el medio de núcleo incluidos en la varilla de silicio se debería separar entre sí para la salida de deposición a recoger como producto de silicio; en segundo lugar, la salida de deposición formada a través del proceso de deposición de silicio a una temperatura elevada probablemente podría estar contaminada con los componentes de impurezas fuera del elemento de núcleo metálico.

Para preparar el silicio policristalino de alta pureza con un coste razonable basándose en el proceso de deposición en campana de vidrio sin ninguna dificultad en el calentamiento previo del medio de núcleo de silicio, merece la pena aplicar un material resistivo que no es de silicio para el elemento de núcleo mediante la resolución de los problemas debidos a la sustitución del material de núcleo; los problemas incluyen una etapa posiblemente difícil para separar el medio de núcleo de la salida de varilla de silicio para recoger la salida de deposición de silicio como producto así como una probable contaminación del producto con los componentes de impurezas metálicas fuera del material de núcleo que no es de silicio. Sin embargo, a pesar de la importancia del calentamiento previo del medio de núcleo, una solución rentable y sencilla no ha llegado a estar disponible para superar estos problemas que surgen en la aplicación de los medios de núcleo distintos de silicio.

Como se ha descrito anteriormente, para desarrollar un método y medio mejorados en el calentamiento previo del medio de núcleo en el reactor de tipo campana de vidrio es una cuestión técnica importante para producción a granel comercial de silicio policristalino en forma de una varilla. Las soluciones técnicas requeridas para la mejora deberían reducir los costes de inversión para un suministro de energía eléctrica y sistema de control y un proceso para preparar y mecanizar los medios de núcleo, permitir un funcionamiento y control fáciles del reactor de deposición, aumentar la productividad del reactor, y finalmente disminuir el coste de fabricación.

Divulgación de la invención

Por consiguiente, un objetivo de la presente invención es proporcionar un método y un medio para eliminar o reducir cualquier factor que puede influir de forma negativa en los costes de inversión para el equipo de proceso de deposición, el funcionamiento y control del proceso, la productividad del reactor y el costo de fabricación en términos de calentamiento previo del medio de núcleo.

Otro objetivo de la presente invención es, para construcción y uso de un proceso a escala comercial para preparar silicio policristalino en una forma de varilla, calentar eléctrica y fácilmente el segundo medio de núcleo formado por silicio mediante: (a) instalar un primer medio de núcleo formado por un material resistivo junto con un segundo medio de núcleo formado por material de silicio en un espacio interno de un reactor de deposición; (b) calentar eléctricamente el primer medio de núcleo y calentar previamente el segundo núcleo con el primer medio de núcleo que se calienta eléctricamente; y a continuación (c) calentar eléctricamente el segundo medio de núcleo calentado previamente.

Un objetivo adicional de la presente invención es resolver problemas encontrados en el calentamiento previo del medio del núcleo, sin disminuir la capacidad de producción del reactor de deposición, mediante la formación de una salida de deposición en una dirección hacia el exterior del primer y segundo medios de núcleo con el primer medio de núcleo que sirve como un calentador previo para el segundo medio de núcleo.

Además, otro objetivo adicional de la presente invención es para proporcionar un método y un medio que puedan resolver problemas encontrados en calentamiento previo de un medio de núcleo preparado a partir de silicio de alta pureza, y que también se puedan usar en un reactor de deposición convencional, existente para la preparación de silicio policristalino con forma de varilla.

Además, otro objetivo adicional de la presente invención es proporcionar una estructura del reactor de deposición, un método y un medio para el funcionamiento del reactor de deposición que pueda proporcionar de forma simultánea dos calidades de productos de silicio policristalino para su uso para dispositivos semiconductores y celdas solares, respectivamente.

Además, otro objetivo adicional de la presente invención es proporcionar un método y un medio que puedan minimizar la contaminación de la salida de deposición aumentada por la deposición de silicio en una dirección radial, hacia el exterior del primer medio de núcleo, que consiste y que representa una pluralidad de unidades de núcleo cuyo elemento respectivo (es decir, elemento de núcleo) está formado por un material que no es de un silicio de alta pureza y de este modo se pueden generar componentes de impureza, la fuente de la contaminación de salida.

Para conseguir los objetivos mencionados anteriormente, la presente invención proporciona un método para preparar una varilla de silicio policristalino usando un medio de núcleo mixto que comprende: instalar un primer medio de núcleo formado por un material resistivo junto con un segundo medio de núcleo formado por un material de silicio en un espacio interno del reactor de deposición; calentar eléctricamente el primer medio de núcleo y calentar previamente el segundo medio de núcleo con el primer medio de núcleo que se calienta eléctricamente; calentar

eléctricamente el segundo medio de núcleo calentado previamente; y suministrar un gas de reacción en el espacio interno en un estado en el que el primer medio de núcleo y el segundo medio de núcleo se calientan eléctricamente para deposición de silicio.

5 Opcionalmente, en la etapa de calentar eléctricamente el segundo medio de núcleo calentado previamente, todo el segundo medio de núcleo se calienta eléctricamente de forma simultánea o el segundo medio de núcleo se divide en una pluralidad de segundos grupos de núcleo que comienzan a calentarse eléctricamente en grupos en diferentes tiempos de partida.

10 En una realización preferente, en la etapa de calentamiento previo del segundo medio de núcleo, el segundo medio de núcleo se calienta previamente a una temperatura en el intervalo de 350 - 1.000 °C con el primer medio de núcleo siendo eléctricamente calentado a una temperatura en el intervalo de 400 - 3.000 °C.

15 Opcionalmente, en la etapa de calentamiento previo del segundo medio de núcleo, el segundo medio de núcleo se calienta previamente en el espacio interno a una presión en el intervalo de 100 - 2000 kPa en una atmósfera seleccionada entre el grupo que consiste en hidrógeno, nitrógeno, argón, helio y una mezcla de los mismos.

20 En una realización preferente, el gas de reacción se suministra para una reacción de deposición de silicio, mediante el que se forma una salida de deposición hacia el exterior en el primer medio de núcleo y/o el segundo medio de núcleo con una primera salida de deposición y/o una segunda salida de deposición formándose de ese modo, respectivamente, a una presión de reacción y una temperatura de reacción.

25 En una realización preferente, el gas de reacción contiene al menos un componente que contiene silicio seleccionado entre el grupo que consiste en monosilano (SiH_4), diclorosilano (SiH_2Cl_2), triclorosilano (SiHCl_3), tetracloruro de silicio (SiCl_4) y una mezcla de los mismos.

Opcionalmente, el gas de reacción contiene además al menos un componente gaseoso seleccionado entre el grupo que consiste en hidrógeno, nitrógeno, argón, helio, cloruro de hidrógeno, y una mezcla de los mismos.

30 La deposición de silicio se produce en el espacio interno a una presión de reacción en el intervalo de 100 - 2000 kPa y una temperatura de reacción en el intervalo de 650 - 1.300 °C basándose en la temperatura superficial de la primera salida de deposición y/o la segunda salida de deposición.

35 Opcionalmente, un silicio policristalino de calidad solar a usar para celdas solares se forma en la primera salida de deposición, y un silicio policristalino de calidad electrónica a usar para dispositivos semiconductores se forma en la segunda salida de deposición.

40 La presente invención se refiere a un aparato para preparar la varilla de silicio policristalino usando un medio de núcleo mixto y que comprende un reactor de deposición en el que se realiza una reacción de deposición de silicio, caracterizado por que el reactor de deposición tiene un espacio interno cerrado herméticamente formado en el mismo por una unidad de base y una cubierta y comprende un medio de suministro de gas para suministrar un gas de reacción en el espacio interno, un medio de salida de gas para descargar un gas de salida del espacio interno y un medio de calentamiento eléctrico requerido para la reacción de deposición de silicio; el medio de calentamiento eléctrico consiste en un medio de electrodo y medio de núcleo; el medio de núcleo se divide en un primer medio de núcleo formado por un material resistivo y un segundo medio de núcleo formado por un material de silicio; y el medio de electrodo se divide en un primer medio de electrodo y un segundo medio de electrodo, que se conectan con el primer medio de núcleo y el segundo medio de núcleo, respectivamente, y son eléctricamente independientes entre sí.

50 En una realización preferente, el primer medio de electrodo y/o el segundo medio de electrodo se instala o instalan en la unidad de base.

55 Opcionalmente, el primer medio de electrodo se divide en uno o una pluralidad de primeros grupos de electrodo y el segundo medio de electrodo se divide en uno o una pluralidad de segundos grupos de electrodo, con corrientes eléctricas que se suministran de forma independiente a los respectivos grupos de electrodos.

60 En una realización preferente, el primer medio de electrodo se construye de modo que una energía eléctrica requerida para calentar el primer medio de núcleo se suministre de forma independiente a partir de una primera fuente de suministro de energía eléctrica a través de un primer medio de transmisión de energía eléctrica, y el segundo medio de electrodo se construye de modo que una energía eléctrica requerida para calentar el segundo medio de núcleo se suministra independientemente a partir de una segunda fuente de suministro de energía eléctrica a través de un segundo medio de transmisión de energía eléctrica.

65 Opcionalmente, la primera fuente de suministro de energía eléctrica y la segunda fuente de suministro de energía eléctrica se constituyen por separado como sistemas independientes de conversión de energía eléctrica o se constituyen como un sistema integrado de conversión de energía eléctrica.

Opcionalmente, el primer medio de núcleo comprendido en uno o una pluralidad de reactores de deposición se interconectan eléctricamente entre sí con la primera fuente de suministro de energía eléctrica.

5 Opcionalmente, el segundo medio de núcleo comprendido en uno o una pluralidad de reactores de deposición se interconectan eléctricamente entre sí mediante la segunda fuente de suministro de energía eléctrica.

10 En una realización preferente, el primer medio de núcleo o el segundo medio de núcleo tienen una forma seleccionada entre el grupo que consiste en una varilla, un hilo, un filamento, una barra, una banda y una cinta que tienen una forma transversal de un círculo, un óvalo o un polígono, y de una conducción, un tubo, un cilindro, y un conducto que tienen una forma transversal de un círculo concéntrico, un óvalo concéntrico o un polígono concéntrico.

15 El material resistivo es un metal o una aleación que comprende al menos un elemento metálico seleccionado entre el grupo que consiste en tungsteno (W), renio (Re), osmio (Os), tántalo (Ta), molibdeno (Mo), niobio (Nb), iridio (Ir), rutenio (Ru), tecnecio (Tc), hafnio (Hf), rodio (Rh), vanadio (V), cromo (Cr), zirconio (Zr), platino (Pt), torio (Th), lantano (La), titanio (Ti), lutecio (Lu), itrio (Y), hierro (Fe), níquel (Ni), aluminio (Al) y una mezcla de los mismos.

20 Opcionalmente, el material resistivo es un material de metal cerámico que contiene al menos un componente seleccionado entre el grupo que consiste en siliciuro de molibdeno (Mo-Si), óxido de lantano y cromo (La-Cr-O), circonia y una mezcla de los mismos.

25 Opcionalmente, en el que el material resistivo es un material a base de carbono que comprende al menos un componente seleccionado entre el grupo que consiste en carbono amorfo, grafito, carburo de silicio (SiC) y una mezcla de los mismos.

En una realización preferente, el material de silicio se selecciona entre el grupo que consiste en silicio policristalino intrínseco, silicio monocristalino intrínseco, silicio dopado y una mezcla de los mismos.

30 Además, el primer medio de núcleo se constituye mediante la formación de una o una pluralidad de capa(s) de separación formadas a partir de un componente de barrera en la superficie de un primer elemento de núcleo formado por un material resistivo.

35 En el presente documento, el número de la capa(s) de separación está en el intervalo de 1 a 5, y por lo tanto el primer medio de núcleo puede constar de uno a cinco tipos de la capa(s) de separación.

En una realización preferente, un componente de barrera que constituye cada capa de la capa(s) de separación se selecciona entre el grupo que consiste en nitruro de silicio intrínseco, óxido de silicio, carburo de silicio, oxinitruro de silicio y una mezcla de los mismos.

40 En el presente documento, el componente de barrera que constituye cada capa de la capa(s) de separación se selecciona entre un nitruro, un óxido, un siliciuro, un carburo, un oxinitruro o un oxisiliciuro que comprende al menos un elemento metálico seleccionado en el grupo que consiste en tungsteno (W), renio (Re), osmio (Os), tántalo (Ta), molibdeno (Mo), niobio (Nb), iridio (Ir), rutenio (Ru), tecnecio (Tc), hafnio (Hf), rodio (Rh), vanadio (V), cromo (Cr), zirconio (Zr), platino (Pt), torio (Th), lantano (La), titanio (Ti), lutecio (Lu), itrio (Y), y una mezcla de los mismos.

45 Opcionalmente, el grosor global de la capa(s) de separación formada en el primer elemento de núcleo del primer medio de núcleo está en el intervalo de 10 nm a 20 mm.

50 Las primeras unidades de núcleo que constituyen el primer medio de núcleo se someten a tratamiento térmico a una temperatura en el intervalo de 400 - 3.000 °C independientemente de la formación de la capa(s) de separación, y el tratamiento térmico se puede realizar mediante calentamiento eléctrico en el reactor de deposición mencionado anteriormente o en un reactor de deposición convencional.

55 En el primer medio de núcleo, sin embargo, una capa de silicio se forma en la capa de separación, con el grosor de la capa de silicio estando en el intervalo de 1 μm - 10 mm y siendo seleccionado el silicio como el componente de barrera.

60 En este momento, el primer medio de núcleo se construye rodeando la superficie del primer elemento de núcleo con una pluralidad de unidades componentes de la capa de separación formadas a partir del componente de barrera.

Por otro lado, la capa de separación se forma por revestimiento de un componente de barrera en la superficie del primer elemento de núcleo.

65 Opcionalmente, parte de la capa(s) de separación o toda la capa(s) de separación se pueden formar en el reactor de deposición mencionado anteriormente o en un reactor de deposición convencional.

Breve descripción de las figuras

Los objetivos mencionados anteriormente, otras características y ventajas de la presente invención serán más evidentes a partir de la descripción de las realizaciones preferentes de los mismos con referencia a las figuras adjuntas, en las que:

La Fig. 1 es una vista esquemática ilustrativa que muestra un ejemplo de un espacio interno de un reactor de deposición para preparar silicio policristalino con forma de varilla de acuerdo con la presente invención;

Las Figs. 2 - 7 son vistas transversales que muestran de forma esquemática una disposición ilustrativa de un primer medio de núcleo y un segundo medio de núcleo en el reactor de deposición para preparar silicio policristalino con forma de varilla de acuerdo con la presente invención;

Las Figs. 8 - 12 son vistas transversales (a) vistas en sección longitudinal (b) que muestran los estados en los que se forma una salida de deposición de silicio hacia el exterior en la superficie de la primera unidad de núcleo constituida por formación de una capa de separación en la superficie de un primer elemento de núcleo de acuerdo con la presente invención, en la que:

la Fig. 8 muestra vistas ilustrativas que muestran de forma esquemática a una sección transversal (a) y una sección longitudinal (b) de la varilla de silicio en el transcurso de la formación de la salida de deposición de silicio hacia el exterior en la superficie de la primera unidad de núcleo constituida por formación de una capa de separación en la superficie del primer elemento de núcleo con forma de varilla que tiene una sección transversal circular;

la Fig. 9 muestra vistas ilustrativas que muestran de forma esquemática una sección transversal (a) y una sección longitudinal (b) de la varilla de silicio en el proceso de la formación de la salida de deposición de silicio hacia el exterior en la superficie de la primera unidad de núcleo constituida por formación de dos tipos de capas de separación en la superficie del primer elemento de núcleo con forma de varilla que tiene una sección transversal circular;

la Fig. 10 muestra vistas ilustrativas que muestran de forma esquemática una sección transversal (a) y una sección longitudinal (b) de la varilla de silicio en el transcurso de la formación de la salida de deposición de silicio hacia el exterior en la superficie de la primera unidad de núcleo constituida por formación de dos tipos de capas de separación en la superficie del primer elemento del núcleo con forma de conducto o con forma de tubo que tiene una sección transversal rectangular concéntrica, hueca;

la Fig. 11 muestra vistas ilustrativas que muestran de forma esquemática una sección transversal (a) y una sección longitudinal (b) de la varilla de silicio en el proceso de formación de la salida de deposición de silicio hacia el exterior en la superficie de la primera unidad de núcleo constituida por formación tres tipos de las capas de separación en la superficie del primer elemento de núcleo con forma de varilla que tiene una sección transversal circular; y

la Fig. 12 muestra vistas ilustrativas que muestran de forma esquemática una sección transversal (a) y una sección longitudinal (b) de la varilla de silicio en el transcurso de la formación de la salida de deposición de silicio hacia el exterior en la superficie de la primera unidad de núcleo constituida por formación dos tipos diferentes de las capas de separación en la superficie del primer elemento del núcleo con forma de banda (o cinta) que tiene una sección transversal rectangular.

Mejores modos para realizar la intervención

Ahora se hará referencia con detalle a una realización preferente de la presente invención, cuyos ejemplos ilustran en las figuras apuntas.

La presente invención se puede aplicar a todos los reactores de deposición usados para preparar silicio policristalino en forma de una varilla independientemente de una forma y estructura del reactor de deposición tal como tipo campana de vidrio, un tipo de tubo o un tipo de cámara. Dado que el reactor de deposición de tipo campana de vidrio que también se denomina reactor Siemens se ha usado más ampliamente con fines comerciales, la presente invención se describirá con referencia a tal reactor de deposición de tipo campana de vidrio (en lo sucesivo en el presente documento, denominado " reactor de tipo campana de vidrio") en la presente memoria descriptiva.

Como se muestra en la Fig. 1, el reactor de deposición comprende un espacio interno cerrado herméticamente R_i , formado por una cubierta R_s y una unidad de base R_b , y medios de núcleo C_1 y C_2 que consisten en una unidad de núcleo o una pluralidad de unidades de núcleo, instaladas en el espacio interno R_i .

Las unidades de núcleo, fijadas de forma mecánica en las respectivas unidades de electrodo, se conectan eléctricamente entre sí mediante las unidades de electrodo E_1 y E_2 . La energía eléctrica se suministra a las unidades de electrodo E_1 y E_2 a través de medios de transmisión de energía eléctrica T_1 y T_2 a partir de las fuentes de suministro de energía eléctrica V_1 y V_2 instaladas fuera de la cubierta R_s y la unidad de base R_b .

En un reactor de deposición a escala de laboratorio, pequeño, un medio de núcleo consiste solamente en un una o un número pequeño de unidades de núcleo, y cada unidad de núcleo está conectada con un par de unidades de electrodo en ambos extremos. De otro modo, en un reactor de deposición usado para una producción comercial a gran escala de silicio policristalino, el medio de núcleo consta de varias decenas a varios cientos de unidades de

núcleo, que de forma convencional son las mismas entre sí en material o,.

Los elementos fundamentales y las descripciones en la presente invención se basan en las siguientes definiciones: el "medio de núcleo" indica un grupo de una o una pluralidad de "unidades de núcleo" que constituyen un sustrato que es el punto de partida de la formación de la salida de deposición de silicio causada por una reacción de deposición; y a la unidad de núcleo está formada por, constituida por, o fabricada a partir del material a representar por el "elemento de núcleo".

Y, dado que una pluralidad de unidades de núcleo agrupadas de forma idéntica se pueden conectar eléctricamente entre sí en serie y/o en paralelo, y la deposición de silicio se puede producir casi de la misma manera en las unidades de núcleo agrupadas de forma idéntica, el método de funcionamiento y un fenómeno o una característica observada en una unidad de núcleo individual se puede describir de forma colectiva en términos de un "medio de núcleo" que representa un grupo de las unidades de núcleo que se agrupan de forma idéntica en la presente invención.

Una vez que el medio de núcleo C1 y C2 se calienta por encima de la temperatura requerida para deposición de silicio y el gas de reacción Gf se suministra en el espacio interno Ri, la deposición de silicio comienza inicialmente en superficies del medio de núcleo C1 y C2. A continuación, las salidas de deposición de silicio D1, D2 se forman en una dirección hacia el exterior del medio de núcleo C1 y C2, respectivamente, con el silicio policristalino siendo preparado en última instancia en forma de una varilla. En este proceso, cada unidad de núcleo se comporta como un marco estructural de la respectiva unidad de la varilla de silicio policristalino a obtener con el funcionamiento del reactor.

A diferencia de la manera convencional en la que una pluralidad de medios de núcleo C1, C2 instalados en un espacio interno del reactor de deposición se prepara a partir de un tipo de material seleccionado entre material de silicio o material que no es silicio, una característica especial de la presente invención es que el medio de núcleo está formado por dos o más tipos diferentes de medios del núcleo para constituir un medio de calentamiento eléctrico dentro del reactor de deposición, junto con las unidades de electrodo; es decir, existen al menos dos tipos de medios de núcleo tales como el primer medio de núcleo C1 que representa un grupo de la primera unidad de núcleo que consiste respectivamente en un elemento de núcleo formado por un material resistivo que no es silicio, y el segundo medio de núcleo C2 representando un grupo de las segundas unidades de núcleo que consiste en respectivamente en un elemento de núcleo formado por material a base de silicio.

En la presente invención, se da una importancia en particular a un agrupamiento diferente de los medios de núcleo, por ejemplo, C1 y C2, sobre la base de la diferencia de materiales entre los elementos de núcleo que constituyen las respectivas unidades de núcleo. De acuerdo con el agrupamiento en la presente invención, el material de núcleo resistivo, que no es silicio que constituye la primera unidad de núcleo que se calienta eléctricamente al principio, y que sigue de forma natural es el calentamiento previo de una o una pluralidad de las segundas unidades de núcleo basadas en material de silicio instaladas alrededor de una primera unidad de núcleo previamente calentada eléctricamente, en la que el calentamiento previo se produce principalmente por transferencia de calor por radiación. Después de la etapa de calentamiento previo que se produce de forma natural, la resistividad del silicio en sí misma se lleva a reducir lo suficiente con el aumento de la temperatura de modo que el calentamiento eléctrico (resistivo) de las segundas unidades de núcleo puede comenzar con condiciones eléctricas moderadas, permitiendo de este modo su rápido calentamiento.

Por otro lado, dos o más tipos diferentes de materiales resistivos, que no son silicio con diferentes propiedades eléctricas también se pueden aplicar la presente invención. Entonces, el medio de núcleo basado en material resistivo se puede dividir adicionalmente en una pluralidad de los primeros medios de núcleo; por ejemplo, el primer medio de núcleo se puede dividir en dos grupos de medios de núcleo, es decir, el medio de núcleo 1a y el medio de núcleo 1b, cuando dos materiales resistivos diferentes se aplican para construir los medios de núcleo que no son de silicio. En este caso, después de proporcionar electricidad para calentar de forma simultánea o de forma secuencial el medio de núcleo 1a y el medio de núcleo 1b, una pluralidad de segundas unidades de núcleo a base de silicio instaladas alrededor del medio de núcleo 1a calentado eléctricamente y el medio de núcleo 1b se deberían calentar de forma natural vitalmente a través de un mecanismo de transferencia de calor por radiación. Con la etapa de calentamiento previo, como se ha descrito anteriormente, la resistividad del silicio se llega a reducir lo suficiente de modo que el segundo medio de núcleo se podría calentar eléctricamente de forma fácil y rápida.

En lo sucesivo en el presente documento, la presente invención se describirá con más detalle sobre la base de un caso específico representativo en el que el primer medio de núcleo C1 que les presenta el grupo general de la primera unidad de núcleo que consiste en los respectivos elementos de núcleo formados por un material resistivo que no es silicio y el segundo medio de núcleo C2 representando el grupo general de las segundas unidades de núcleo que consisten en los respectivos elementos de núcleo formados por un material de silicio de alta pureza se instalan juntos en el espacio interno Ri del reactor de deposición. En el presente documento, el material de silicio de alta pureza se refiere a un silicio intrínseco o un silicio dopado que contiene un agente dopante añadido artificialmente, en cualquiera de los cuales la concentración de componentes de impurezas nocivos se controla para que sea inferior al de un intervalo permisible.

Las unidades de núcleo que constituyen el primer y segundo medios de núcleo, C1 y C2, se conectan eléctricamente y se fijan de forma mecánica a la primera y segunda unidades de electrodo que constituyen el primer y segundo medios de núcleo, E1 y E2, respectivamente, con una unidad de núcleo individual siendo conectada a un par de unidades de electrodo.

5 En la presente invención, el primer medio de núcleo basado en material resistivo C1 y el correspondiente primer medio de electrodo E1 constituye el primer medio de calentamiento eléctrico en el reactor de deposición. Por lo tanto, el primer medio de núcleo se puede calentar eléctricamente de forma fácil y rápida a partir de la temperatura ambiente hasta una temperatura requerida para el calentamiento previo del segundo medio de núcleo mediante la introducción de una energía eléctrica en ellos a una diferencia de potencial moderada. En el presente documento, la energía eléctrica suministra a partir de la primera fuente de suministro de energía eléctrica V1, instalada fuera del reactor de deposición, al primer medio de electrodo E1 a través del primer medio de transmisión de energía eléctrica T1.

15 Por otro lado, el segundo medio de núcleo basado en silicio C2 y el segundo medio de electrodo correspondiente E1 constituye el segundo medio de calentamiento eléctrico en el reactor de deposición. En el presente documento, la energía eléctrica se suministra a partir de la segunda fuente de suministro de energía eléctrica V2, instalada fuera del reactor de deposición, al segundo medio de electrodo E2 a través del segundo medio de transmisión de energía eléctrica T2.

20 A temperatura ambiente, la resistividad del silicio de alta pureza es tan elevada que el material no se puede calentar eléctricamente a menos que se aplique una diferencia de potencial extraordinariamente elevada en ambos extremos. Esto causa una gran dificultad para calentar eléctricamente el segundo medio de núcleo C2 que consiste en una pluralidad de las segundas unidades de núcleo usando una fuente de suministro de energía eléctrica común sin calentamiento previo del segundo medio de núcleo por encima de un cierto intervalo de temperatura. Para comenzar la operación de calentamiento del reactor de deposición desde la temperatura ambiente de acuerdo con la presente invención, se requiere calentar eléctricamente el primer medio de núcleo C1 con anterioridad sin suministrar energía eléctrica al segundo medio de núcleo C2. Estando localizados cerca o alrededor del primer medio de núcleo C1 calentado eléctricamente con anterioridad, el segundo medio de núcleo C2 se llega a someter a calentamiento previo natural y a un aumento posterior de la temperatura sin suministro eléctrico.

Por otro lado, puede haber un método alternativo para el calentamiento previo del medio de núcleo mixto C1 y C2. Después de su calentamiento lo suficiente a una temperatura elevada, un gas inerte a temperatura elevada sin contener un gas de reacción o componente que contiene silicio se puede suministrar en el espacio interno Ri del reactor de deposición a través de un medio de suministro de gas Nf o un medio de suministro de gas adicional para el calentamiento del primer medio de núcleo C1 y/o el segundo medio de núcleo C2. Sin embargo, usando al gas inerte a alta temperatura solo como un medio de calentamiento sin electricidad, es prácticamente imposible calentar dentro de un periodo de tiempo permisible el medio de núcleo mixto, especialmente del segundo medio de núcleo, instalado en un reactor comercial de gran volumen hasta una temperatura de calentamiento previ^o predeterminada en el intervalo de aproximadamente 350 – 400 °C, a la que la resistividad del silicio se llega a disminuir lo suficiente por debajo de 2 - 5 ohm-cm, a 1.000 °C, a la que el silicio presenta una propiedad resistiva, suficientemente conductora.

45 Como se sugiere en la presente invención, si el segundo medio de núcleo C2 se calienta previamente a una temperatura en el intervalo de aproximadamente 350 - 1.000 °C a través de calentamiento eléctrico previo del primer medio de núcleo C1, una energía eléctrica puede fluir en el segundo medio de núcleo C2 sin mucha dificultad, permitiendo de este modo el inicio de un calentamiento resistivo eléctrico del segundo medio de núcleo C2. En el presente documento, cuanto más elevada es la temperatura de calentamiento previo, más fácil es que el segundo medio de núcleo se llegue a calentar eléctricamente a una diferencia de potencial más baja (voltaje).

50 En el proceso de calentamiento previo del segundo medio de núcleo C2 a través del calentamiento eléctrico previo del primer medio de núcleo C1 como se ha descrito anteriormente, no se impone ninguna limitación especial en la presión en el espacio interno. En lugar de un alto vacío que requiere un entorno mucho más sofisticado, el calentamiento previo se puede realizar a una presión normal. De otro modo, la presión se selecciona con anterioridad en el intervalo de 100 - 2000 kPa en la que se ejecutará la operación de deposición de silicio. Y es preferente ejecutar el calentamiento previo del segundo medio de núcleo C2 en una atmósfera seleccionada entre el grupo que consiste en hidrógeno, nitrógeno, argón, helio y una mezcla de los mismos. El gas seleccionado para el mantenimiento de la atmósfera se puede introducir en el espacio interno a través del medio de suministro de gas Nf o un medio de suministro de gas adicional. En este caso, el caudal de gas se puede ajustar preferentemente en un intervalo de tal que los medios de núcleo C1, C2 no se enfríe.

65 teniendo en cuenta que cuanto más elevada sea la temperatura más caliente, mayor es la transferencia de calor por radiación entre dos superficies sólidas con diferentes temperaturas, el calentamiento previo del segundo medio de núcleo C2 comienza y se mantiene mediante transferencia de calor por radiación desde el primer medio de núcleo C1 calentado eléctricamente con anterioridad, y a continuación el aumento de temperatura en el segundo medio de núcleo también se llegaría influido por la radiación entre las subunidades adyacentes por sí mismas del segundo

medio de núcleo C2 con el lapso del proceso de calentamiento previo.

5 Cuando la temperatura T(C1) del primer medio de núcleo C1 se controla para que sea lo suficientemente elevada como para conseguir que la temperatura T(C2) del segundo medio del núcleo calentado previamente C2 esté en el intervalo de 350 - 1.000 °C, es deseable seleccionar y ajustar una diferencia de temperatura apropiada [$\Delta T = T(C1) - T(C2)$] entre los dos medios de núcleo controlando un calentamiento eléctrico del primer medio de núcleo (C1), teniendo en cuenta que un calentamiento eléctrico del segundo medio de núcleo C2 puede comenzar más fácilmente a una temperatura de calentamiento previo más elevada T(C2).

10 En la presente invención, los primeros medios de núcleo C1 se calienta eléctricamente en el intervalo de 400 - 3.000 °C durante el proceso de calentamiento previo del segundo medio de núcleo C2. Durante el proceso, la diferencia de temperatura ΔT entre el primer medio de núcleo C1 y el segundo medio de núcleo C2 se mantiene de forma deseable en el intervalo de 50 - 2.650 °C.

15 Si $\Delta T < 50$ °C y T(C1) < 400 °C, es prácticamente imposible calentar previamente el segundo medio de núcleo C2 a una temperatura de T(C2) = 350 °C. Por otro lado, una vez que una temperatura T(C1) del primer medio de núcleo se mantiene por encima de 3.000 °C para aumentar la tasa de calentamiento por radiación en un estadio inicial del proceso de calentamiento previo con ΔT siendo superior a 2.700 °C, el primer medio de núcleo C1 por sí mismo puede estar cerca de su punto de fusión y el segundo medio de núcleo basado en materia de silicio C2, colocado
20 adyacente y alrededor de los primeros medios de núcleo, se podría fundir de forma altamente posible.

No importa si el segundo medio de núcleo C2 se calienta previamente en el intervalo de aproximadamente 400 - 900 °C para que la resistividad del silicio entre en un intervalo de aproximadamente 0,03 - 2 ohm-cm. El segundo
25 medio de núcleo C2 se puede calentar previamente de forma más preferente a una temperatura en el intervalo de 750 - 850 °C, si fuera accesible, a la que la resistividad del silicio se hace inferior a aproximadamente 0,1 ohm-cm con su característica de conducción siendo más evidente. Las condiciones de calentamiento previo como se ha descrito anteriormente previenen un riesgo de fusión del elemento de núcleo de silicio, reducen el tiempo requerido para el proceso de calentamiento previo, la continuación permite un comienzo del calentamiento eléctrico del segundo medio de núcleo C2 a un voltaje moderado. Tales condiciones de calentamiento previo se pueden obtener
30 mediante un calentamiento eléctrico previo del primer medio de núcleo C1 a una temperatura preferentemente en el intervalo de 500 - 2.500 °C, y más preferentemente en el intervalo de 800 - 2.000 °C.

En el proceso de calentamiento previo de acuerdo con la presente invención, las temperaturas superficiales del primer medio de núcleo calentado eléctricamente C1 y/o el segundo medio de núcleo calentado previamente C2 se
35 pueden mantener en cierto modo un poco más elevadas que las temperaturas de reacción para deposición de silicio sin causar un problema grave. Por ejemplo, un caso en el que el gas de reacción Gf formado por monosilano (SiH₄) como un componente que contiene silicio se use como un material de partida para la reacción de deposición a una temperatura que está en el intervalo de aproximadamente 650 - 800 °C, el segundo medio de núcleo C2 se debe calentar previamente a una temperatura en cierto modo superior a una temperatura de reacción determinada
40 previamente y su calentamiento eléctrico puede comenzar a partir de ese momento sin ningún problema. Además, no es difícil controlar la energía eléctrica suministrada tanto a los dos medios de núcleo C1, C2 en paralelo con el suministro del gas de reacción con la temperatura de reacción siendo mantenida si fuera necesario.

Después del calentamiento previo del segundo medio de núcleo C2 a una temperatura T(C2) en el intervalo de 350 -
45 1.000 °C para reducir de forma suficiente la resistividad del silicio como se ha descrito anteriormente, a continuación se puede suministrar electricidad para ellos a una diferencia de potencial moderada desde la segunda fuente de suministro de energía eléctrica V2 a través del segundo medio de electrodo E2. El segundo medio de núcleo C2 de ese modo se lleva a calentar eléctricamente de modo que su temperatura se podría regular a una temperatura de reacción Tr que representa un intervalo de temperatura permisible en determinado previamente para el
50 mantenimiento de la reacción de deposición de silicio si fuera necesario.

En el presente documento, varios factores pueden influir en el calentamiento eléctrico del segundo medio de núcleo C2 que consiste eléctricamente en interconexiones de las segundas unidades de núcleo en un circuito en serie y/o
55 en paralelo. Además de una característica eléctrica tal como la resistividad del silicio, la configuración del circuito eléctrico y los detalles del ensamblaje del reactor de deposición, tales como el número de las segundas unidades de núcleo que constituyen el segundo medio de núcleo C2, la resistencia de contacto entre una unidad de núcleo individual y su unidad de electrodo correspondiente, etc., determinan cómo se debería realizar el calentamiento eléctrico para mantener y controlar la temperatura del segundo medio de núcleo C2 al nivel de Tr.

60 Teniendo en cuenta esto, para calentar eléctricamente el segundo medio de núcleo C2 en un intervalo permisible de voltaje y corriente, es deseable determinar previamente y optimizar las condiciones detalladas para el calentamiento del medio de núcleo mixto después de los ensayos experimentales preliminares requeridos: la temperatura de calentamiento previo final del segundo medio de núcleo C2 se puede optimizar en el intervalo de 350 - 1.000 °C; la temperatura del primer medio de núcleo C1 calentado eléctricamente con anterioridad se puede seleccionar o
65 cambiar con el tiempo en el intervalo de 400 - 1.000 °C; y la diferencia de temperatura ΔT entre los dos medios de núcleo se puede mantener constante o cambiar con el tiempo de una manera óptima en al menos aproximadamente

50 °C o superior.

5 Cuando la temperatura T(C2) del segundo medio de núcleo C2 aumenta rápidamente al suministrarle electricidad para calentamiento eléctrico después de finalizar el proceso de calentamiento previo, la primera fuente de suministro de energía eléctrica V1 y la segunda fuente de suministro de energía eléctrica V2 se controlan para suministran electricidad si fuera necesario al correspondiente medio de núcleo C1 y C2 de modo que la temperatura de reacción Tr se puede mantener constante o cambia con el tiempo. El valor de Tr se determina previamente en el intervalo de 650 – 1.300 °C de acuerdo con las condiciones de deposición detalladas tales como composición del gas de reacción y procedimientos de operación.

10 En la presente invención, el primer medio de núcleo C1 consiste en una o una pluralidad de primeras unidades de núcleo y el segundo medio de núcleo C2 consiste en una o una pluralidad de segundas unidades de núcleo, en los que cada una de las unidades de núcleo está conectada a un par de unidades de electrodo. Un sistema de suministro de energía eléctrica para el sistema de reactor se puede construir de una manera tal que las unidades de núcleo representadas por medio de núcleo se interconectan entre sí en circuitos en serie y/o en paralelo o una unidad de núcleos se configura como una unidad eléctrica independiente. Por ejemplo, la Fig. 1 ilustra un sistema de suministro de energía eléctrica, en el que el primer medio de núcleo C1 consiste en una primera unidad de núcleo y está conectada eléctricamente a la primera fuente de suministro de energía eléctrica V1 a través del primer medio de electrodo E1, es decir, un par de las primeras unidades de electrodo E1, mientras que el segundo medio de núcleo C2 consiste en dos segundas unidades de núcleo conectadas entre sí en serie y está conectada eléctricamente a la segunda fuente de suministro de energía eléctrica V2 a través del segundo medio de electrodo E2, es decir, dos pares de las segundas unidades de electrodo E2.

25 Si la presente invención se aplica al reactor de deposición mostrado en la Fig. 1, el primer medio de núcleo C1 formado por un material resistivo y el segundo medio de núcleo C2 formado por material de silicio se instalan juntos en el espacio interno Ri del reactor de deposición, en el que el primer medio de núcleo C1 que se calienta eléctricamente primero y el segundo medio de núcleo C2 se calienta previamente mediante la transferencia de calor por radiación desde el primer medio de núcleo calentado eléctricamente C1. Después de finalizar el proceso de calentamiento previo, el segundo medio de núcleo calentado previamente C2 comienza a calentarse eléctricamente en por el suministro de electricidad, y a continuación la preparación de una varilla de silicio policristalino puede comenzar a través de un suministro de gas de reacción Gf.

35 A diferencia del ejemplo de la Fig. 1 que consiste en un número pequeño de unidades de núcleo, existe una necesidad de considerar el hecho de que el medio de núcleo consta de varias decenas a cientos de las unidades de núcleo, en general, cuando la presente invención se aplica a producción a granel del silicio policristalino con forma de varilla a escala comercial. En la cubierta del reactor de gran tamaño Rs en la que se pueden instalar un gran número de unidades de núcleo, una diferente temperatura considerable se puede producir posiblemente entre las unidades de núcleo de acuerdo con la situación de su instalación, la construcción del circuito eléctrico para suministro de energía y las tradiciones de funcionamiento. El problema de la diferencia de temperatura entre las unidades de núcleo puede producirse no solamente en el proceso de deposición de silicio sino también en todo el proceso desde el calentamiento eléctrico inicial del primer medio de núcleo C1 hasta el calentamiento eléctrico adicional del segundo medio de núcleo calentado previamente. Por consiguiente, existe la necesidad de considerar la posible existencia de una diferencia de temperatura de este tipo en el diseño y operación del reactor de deposición.

45 Cuando el primer medio de núcleo C1 consiste en un pequeño número de las primeras unidades de núcleo, el calentamiento eléctrico de todo el primer medio de núcleo C1 puede comenzar de forma simultánea. De otro modo, cuando se instala un gran número de la primera unidad de núcleo, el primer medio de núcleo C1 se puede dividir adicionalmente en una pluralidad de los primeros grupos de núcleo de modo que los respectivos primeros grupos de núcleo comienzan a calentarse eléctricamente en diferentes momentos determinados previamente de acuerdo con el grupo. De ese modo es posible reducir o prevenir un problema debido a una diferencia de temperatura considerable entre la primera unidad de núcleo en el calentamiento eléctrico inicial y los procesos de calentamiento previos.

55 Cuando el segundo medio de núcleo C2 consiste en un gran número de las segundas unidades de núcleo, también se puede observar una diferencia de temperatura considerable entre las segundas unidades de núcleo. Entonces, se pueden producir algunas diferencias en el grado de calentamiento previo entre las segundas unidades de núcleo. De forma diferente a la de las otras segundas unidades de núcleo calentadas previamente los suficiente para necesario, algunas de las segundas unidades de núcleo que no se calentaron previamente suficientemente puede no proporcionar una corriente aparente en las mismas como respuesta a un voltaje determinado previamente impuesto después del emparejamiento correspondiente de las segundas unidades de electrodo. Esto deteriora el inicio del calentamiento eléctrico del segundo medio de núcleo calentado previamente, que requiere una extensión del proceso de calentamiento previo.

65 Además, cuando el segundo medio de núcleo C2 consiste en un pequeño número de las segundas unidades de núcleo, el calentamiento eléctrico de todo el segundo medio de núcleo C2 después del proceso de calentamiento previo puede comenzar de forma simultánea. De otro modo, cuando se instala un gran número de las segundas

unidades de núcleo, el segundo medio de núcleo C2 se puede dividir adicionalmente en una pluralidad de los segundos grupos de núcleo de modo que los respectivos segundos grupos de núcleo comienzan a calentarse eléctricamente en diferentes momentos determinados previamente de acuerdo con el grupo.

5 En la presente invención, el suministro de electricidad a un número de las segundas unidades de núcleo calentadas previamente se puede colocar para que comiencen grupos de modo que el calentamiento eléctrico del segundo medio de núcleo calentado previamente pueda evolucionar de forma individual y consecutiva en la base de los segundos grupos de núcleo. A continuación, el calentamiento previo de un segundo grupo de núcleo, que se localiza de ese modo como no calentado previamente de forma eficaz por las primeras unidades de núcleo calentadas
10 eléctricamente, circundantes, se puede acelerar de forma eficaz mediante una transferencia de calor o radiación adicional desde otro segundo grupo de núcleo que comienza a calentarse eléctricamente antes, después de conseguir su calentamiento previo más rápido. Un proceso de calentamiento previo acelerado de este tipo basado en el inicio individual y consecutivo de las segundas unidades de núcleo en grupos debería conducir a un comienzo más rápido del calentamiento eléctrico de todos los medios de núcleo.

15 Una vez que un calentamiento eléctrico de la segunda unidad de núcleo a base de silicio comienza después de que su resistividad se haya disminuido suficientemente con el proceso de calentamiento previo, su temperatura aumenta rápidamente hasta alcanzar un intervalo de temperatura de reacción de deposición debido a su área de sección transversal pequeña. Por lo tanto, en la presente invención, existe un intervalo de tiempo insignificante entre los
20 tiempos de partida cuando los segundos grupos respectivos comienzan a calentarse eléctricamente.

Para diferenciar los tiempos para la operación de calentamiento eléctrico individual y control del primer medio de núcleo C1 y/o el segundo medio de núcleo C2 dividiendo las respectivas unidades de núcleo en diferentes grupos, deben ir acompañados de las siguientes disposiciones: es necesario que el sistema de suministro de energía eléctrica esté formado por un número de sistemas subdivididos que corresponden a la formación de grupos del
25 medio de núcleo permitiendo un intercambio y/o regulación individual del suministro de energía en grupo. Teniendo en cuenta un coste adicional para el sistema de suministro de energía subdividido, es deseable no dividir el medio de núcleo de forma innecesaria en un gran número de grupos de núcleo.

30 Las unidades de núcleo y las unidades de electrodo correspondientes se pueden colocar en una disposición regular; las disposiciones coplanares de las unidades de núcleo pueden tener una simetría bilateral y/o una simetría vertical, como se ilustra en las Figuras 2 a 7. Tal disposición puede influir en el calentamiento previo del segundo medio de núcleo C2 de forma notable. Por lo tanto, es importante tener en cuenta el número de los grupos de núcleo y la disposición espacial de los mismos para la construcción del reactor de deposición así como del sistema de
35 suministro de energía eléctrica de acuerdo con la presente invención.

Cuando la presente invención se aplica a un reactor de deposición convencional, existente, que comprende un medio de calentamiento previo adicional para el calentamiento previo del medio de núcleo formado por material de silicio, es deseable determinar el número y la disposición de la primera unidad de núcleo que constituye el primer
40 medio de núcleo C1 después de tener en cuenta la posible aplicación del medio de calentamiento previa adicional en el proceso de calentamiento previo del segundo medio de núcleo C2.

Después de instalar el primero y segundo medios de núcleo C1, C2 en el espacio interno Ri del reactor de deposición como se ha descrito anteriormente, es deseable realizar el proceso de calentamiento previo del segundo medio C2, que está principalmente influido por el calentamiento eléctrico comenzado previamente del primer medio de núcleo C1, en una atmósfera seleccionada entre el grupo que consiste en hidrógeno, nitrógeno, argón y helio. Sin embargo, también se puede permitir el suministro del gas de reacción Gf al espacio interno Ri durante el proceso de calentamiento previo para deposición de silicio en la superficie(s) del primer medio de núcleo C1 y/o el segundo medio de núcleo C2. Por ejemplo, una vez que el segundo medio de núcleo C2 se calienta previamente de forma considerable a una temperatura T(C2) aproximadamente superior a 500 - 600 °C, el gas de reacción Gf se puede suministrar en el espacio interno Ri incluso antes del inicio de un calentamiento eléctrico del segundo medio de núcleo C2. Esto significa que un proceso de deposición de silicio puede comenzar posiblemente incluso en paralelo con el proceso de calentamiento previo del segundo medio de núcleo C2, y la deposición de silicio puede comenzar principalmente en la superficie de temperatura elevada del primer medio de núcleo C1. Sin embargo, si la temperatura T(C2) del segundo medio de núcleo todavía es baja o el gas de reacción Gf se introduce en el espacio interno Ri sin calentarse lo suficiente, el segundo medio de núcleo C2 se puede enfriar por la inyección del gas de reacción Gf, y de ese modo el tiempo de partida del calentamiento eléctrico del segundo medio de núcleo C2 se puede retrasar de forma notable. Por lo tanto, el tiempo de partida de la deposición de silicio se debería determinar de forma cuidadosa si se considera un comienzo temprano de la deposición de silicio.
55

60 Para un funcionamiento más seguro y más completo, es preferente comenzar el proceso de deposición de silicio después de comenzar un calentamiento eléctrico del segundo medio de núcleo C2 después del proceso de su calentamiento previo. Es más preferente comenzar la deposición de silicio iniciando el suministro de gas de reacción Gf al espacio interno Ri con todas las temperaturas del primer y segundo medios de núcleo C1, C2 siendo mantenidos de forma estable dentro de un intervalo permisible de la temperatura de reacción de acuerdo con el correspondiente ajuste de la primera fuente de suministro de energía eléctrica V1 y la segunda fuente de suministro
65

de energía eléctrica V2.

El reactor de deposición de la presente invención comprende un medio de calentamiento eléctrico, que consiste en el medio de electrodo E1 y E2 y los correspondientes medios de núcleo C1 y C2, y es necesario para el suministro de la energía eléctrica requerida para el proceso de deposición de silicio. En el presente documento, el medio de núcleo se divide en el primer medio de núcleo C1 formado por un material resistivo y el segundo medio de núcleo C2 formado por un material de silicio. Y, todas las unidades de electrodo que constituyen el medio de electrodo se dividen en las primeras unidades de electrodo representadas por el primer medio de electrodo E1 y las segundas unidades de electrodo representadas por el segundo medio de electrodo E2, ambas de las cuales se conectan al primer medio de núcleo C1 y el segundo medio de núcleo C2, respectivamente. El primer y segundo medios de electrodo E1 y E2 son eléctricamente independientes entre sí. Cuando el gas de reacción Gf se suministra a través de uno o una pluralidad de medios de suministro de gas Nf en el reactor de deposición constituido como se ha descrito anteriormente, una varilla de silicio policristalino se puede preparar por la deposición de silicio hacia fuera en los medios de núcleo eléctricamente independientes C1, C2 conectados al medio de electrodo E1, E2, respectivamente.

Dado que las características de la transferencia de calor y la pérdida de calor de las unidades de núcleo que constituyen el primero y segundo medios de núcleo C1, C2 son en cierto modo diferentes entre sí de acuerdo con las propiedades eléctricas, las especificaciones físicas y la disposición de la instalación (disposición coplanar) de los mismos, se puede observar una diferencia de temperatura entre los dos medios de núcleo C1, C2.

En el reactor de deposición de tipo campana de vidrio para deposición de silicio, es más razonable que la temperatura de reacción Tr represente un intervalo de temperatura prácticamente permisible en lugar de limitar un valor de temperatura específico. Cuando el gas de reacción Gf se suministra en el reactor para el proceso de deposición de acuerdo con la presente invención, es deseable regular las respectivas energías eléctricas suministradas de forma independiente al primero y segundo medios de núcleo C1, C2 para mantener la temperatura de reacción Tr de una manera tal que una diferencia de temperatura en los dos medios de núcleo C1, C2 se mantenga dentro del intervalo de 0 - 200 °C.

En la temperatura del proceso de deposición influyen muchos factores, que incluyen, pero no se limitan a: una tasa de deposición de silicio; una característica de reacción; una dimensión transversal de la salida de deposición formada hacia el exterior en cada medio de núcleo, en otras palabras, los diámetros máximos d1(t) y d2(t) de las salidas de deposición formadas hacia el exterior en el primer y segundo medios de núcleo, respectivamente (en el presente documento, d1(t) se muestra en la Fig. 8 a la Fig. 12 ilustrando diversas formas de la sección longitudinal y de las secciones transversales de la salida de deposición formadas hacia afuera de un primer medio de núcleo); y la tasa de grosor aumenta. Por lo tanto, es deseable minimizar cualquier tipo de diferencia de temperatura no solamente entre las unidades de núcleo que constituyen un medio de núcleo individual, sino también entre los dos medios de núcleo. Si existe una diferencia de temperatura superior a 200 °C y una distribución de la temperatura entre las unidades de núcleo incluidas en el primero y segundo medios de núcleo C1, C2 en el proceso de deposición de silicio, la diferencia entre d1(t) y d2(t) aumenta con el paso del tiempo. Cuando d1(t) o d2(t) de algunos o una cualquiera de las unidades de núcleo alcanza un valor permisible máximo, la operación de deposición se debería detener aunque las otras salidas de deposición no se formen suficientemente en la unidad de núcleo restante. Por último, este problema causa una disminución de la productividad en el reactor.

Por consiguiente, en el nuevo diseño de una reacción de deposición para realizar la presente invención de forma más eficaz, se van a reflejar los siguientes aspectos: el calentamiento previo del segundo medio de núcleo C2 se debería realizar de forma eficaz por el primer medio de núcleo C1 que se calienta eléctricamente con anterioridad; y es importante reducir tanto como sea posible la diferencia de temperatura y la distribución de la temperatura, que se puede generar no solamente entre el medio de núcleo sino también entre las unidades de núcleo que constituyen un medio de núcleo individual en el proceso de deposición de silicio.

Para satisfacer estos aspectos, las unidades de núcleo que comprenden cada medio de núcleo se deberían disponer teniendo en cuenta las especificaciones o características de los elementos que constituyen el reactor de deposición tales como: la cubierta Rs, la unidad de base Rb; el medio de suministro de gas Gf; el medio de salida de gas No; una medición y sistema de control de la temperatura, etc. Además, un cambio espacial con el tiempo debido al crecimiento de la salida de deposición, un patrón del flujo de gas dependiente del tiempo dentro del espacio interno, una refrigeración mediante la transferencia de calor a través de la cubierta del reactor Rs, y similares pueden influir en la disposición (disposición espacial) de las unidades de núcleo.

Para suministrar una corriente eléctrica controlada debidamente a cada medio de núcleo, grupo de núcleo o unidad de núcleo, es importante hacer uso de un cambio de característica de voltaje-corriente en el circuito eléctrico a controlar. Sin embargo, dado que también es importante usar una temperatura detectada para controlar el sistema de suministro de energía eléctrica, es necesario diseñar el reactor de deposición de modo que uno o una pluralidad de medios para medición de la temperatura de tipo no contacto, que está disponible en el mercado, tal como el pirómetro, se puede usar un dispositivo de medición de la distribución de temperatura y similares mediante su instalación en ubicaciones apropiadas de la cubierta Rs y/o la unidad de base Rb.

Al mismo tiempo, algunos parámetros de control y procedimiento normalmente se determinan previamente para cada una de las fuentes de suministro de energía eléctrica V1 y V2 para controlar el suministro respectivo de una corriente eléctrica si fuera necesario. Las fuentes de suministro de energía eléctrica V1, V2 suministran energías bien controladas a los medios de núcleo C1, C2, respectivamente, minimizando la diferencia de temperatura entre los dos medios de núcleo dentro de un intervalo de temperatura de reacción permisible durante el funcionamiento del reactor de deposición.

Las fuentes de suministro de energía eléctrica V1, V2 para suministrar corrientes eléctricas a los correspondientes medios de núcleo C1, C2 a través de los correspondientes medios de transmisión de energía eléctrica T1, T2 se pueden construir como dos sistemas de suministro de energía eléctrica separados como independientes, V1-T1-C1 y V2-T2-C2, como se ilustra en la Fig. 1. Por el contrario, las dos fuentes de suministro de energía eléctrica se pueden integrar posiblemente como un aparato individual, combinado, a partir de que las corrientes eléctricas suministran independientemente a los medios de núcleo C1, C2 a través de los correspondientes medios de transmisión de energía eléctrica T1, T2. En la presente invención, "un suministro de energía eléctrica independiente" se refiere a una corriente voltaje que se pueden ajustar y aplicar independientemente para cada uno de los medios de núcleo, grupos de núcleo o unidades de núcleo, independientemente de la configuración de las fuentes de suministro de energía eléctrica.

Además, para cada medio de núcleo, las unidades de núcleo y el correspondiente medio de electrodo se pueden interconectar eléctricamente entre sí en circuitos en serie y/o paralelo, después de considerar el número, el tamaño y las características eléctricas de las unidades de núcleo que constituyen los correspondientes medios de núcleo. De acuerdo con el circuito eléctrico formado para cada medio de núcleo, se determinan los valores de voltaje y corriente aplicados a cada unidad de núcleo individual y la energía de calentamiento resistivo generada en el mismo.

Siguiendo la característica básica del presente reactor de deposición, un tamaño transversal de la salida de deposición, es decir, $d1(t)$ y $d2(t)$, aumenta con el tiempo de reacción, t , del proceso de deposición, y diferencias de temperatura y forma física entre las salidas de deposición de silicio se pueden observar de acuerdo con una disposición de la instalación de las unidades de núcleo. Por lo tanto, en la construcción y funcionamiento del sistema de suministro de corriente eléctrica para el reactor de deposición, merece la pena considerar que pueden existir diferencias en las propiedades eléctricas entre las unidades de núcleo, los grupos de núcleo o los medios de núcleo, y que las propiedades eléctricas pueden cambiar con el tiempo.

En la presente invención, es permisible seleccionar cualquiera de una corriente directa o una corriente alterna como el tipo de electricidad a suministrar a los medios de núcleo C1 y C2.

El reactor de deposición de acuerdo con la presente invención, en el que se realiza una reacción de deposición de silicio para preparar el silicio policristalino en forma de una varilla, está formado por: el espacio interno Ri formado por la unidad de base Rb y la cubierta Rb; el medio de suministro de gas Nf para suministrar el gas de reacción Gf al espacio interno Ri; el medio de salida de gas No para descargar un gas de salida Go desde el espacio interno Ri; y el medio de calentamiento eléctrico requerido para la reacción de deposición de silicio.

El medio de calentamiento eléctrico global consiste en el medio de electrodo y los correspondientes medios de núcleo divididos como el primer medio de núcleo C1 formado por un material resistivo y el segundo medio de núcleo C2 formado por un material de silicio. Los medios de electrodos se dividen en el primer medio de unidad de electrodo E1 formado por las primeras unidades de electrodo y el segundo medio de electrodo E2 formado por las segundas unidades de electrodo. El primer y segundo medios de electrodos E1 y E2 se conectan al primer medio de núcleo C1 y el segundo medio de núcleo C2, respectivamente. En el presente documento, es de remarcar que la primera unidad de electrodo E1 y la segunda unidad de electrodo E2 son eléctricamente independientes entre sí.

Es permisible instalar el primer medio de electrodo E1, E2 en cualquiera de la cubierta Rs o la unidad de base Rb del reactor de deposición. Sin embargo, dado que un peso (carga) de la salida de varilla de silicio ejercido en los correspondientes medios de núcleo C1, C2 y los medios de electrodos E1, E2 debería aumentar continuamente con el tiempo de reacción, puede ser ventajoso, en un aspecto estructural, instalar el primer y segundo medios de electrodos E1, E2 en la unidad de base Rb cuando las formas de las unidades de núcleo a instalar sean sencillas o lineales como se ilustra en la Fig. 1. Si la forma y la estructura de un grupo de unidades de núcleo se diseñan de modo que cada unidad de núcleo pueda soportar el peso de las respectivas salidas de varilla de silicio, es permisible instalar las unidades de electrodo E1, E2 en cualquiera o ambas de la cubierta Rs y la unidad de base Rb que están equipadas con un medio de refrigeración.

En la presente invención, los medios de electrodo E1, E2 se comportan como medios de conexión eléctrica que permiten que la electricidad fluya a través de las correspondientes unidades de núcleo que constituyen los medios de núcleo C1, C2. En el presente documento, las respectivas corrientes eléctricas se suministran desde las fuentes de suministro de energía eléctrica V1, V2, instaladas fuera de la cubierta del reactor de deposición, a través del medio de transmisión de energía eléctrica T1, T2, respectivamente. Los detalles del flujo de electricidad a través del medio de electrodo se determinan de acuerdo con los circuitos en serie y/o paralelo construidos para un medio de calentamiento eléctrico determinado previamente individual.

Un par de unidades de electrodo conectadas a cada unidad de núcleo sirven como las terminales de entrada y salida de la unidad de núcleo individual. La construcción de interconexiones entre las unidades de electrodo o la estructura de circuito eléctrico de todas las unidades de electrodo se puede determinar de acuerdo con la disposición de la instalación, es decir, disposición espacial de los medios de núcleo C1, C2 así como las especificaciones determinadas previamente para construir sus correspondientes sistemas de suministro de energía eléctrica.

En la presente invención se pueden usar diversas formas del medio de electrodo usado en el reactor de tipo campana de vidrio convencional como tal. Cada una de las unidades de electrodo, representadas por medio de electrodo, puede consistir en todos o parte de los siguientes elementos: (i) un electrodo formado por un material conductor metálico con una resistencia eléctrica baja por lo que el autocalentamiento eléctrico es débil; (ii) una unidad de acoplamiento eléctrico o una unidad de conexión eléctrica que pueden interconectar mutuamente el electrodo y los correspondientes medios de transmisión de energía eléctrica T1, T2 tal como un cable, una barra, un tubo, una vara, un conducto, un artículo conformado y similares para suministrar una corriente eléctrica: (iii) un soporte de acoplamiento o un mandril formado por un material a base de carbono, que conecta eléctricamente la unidad de núcleo al electrodo o los medios de transmisión de energía eléctrica T1, T2, con un soporte físico de cada una de las unidades de núcleo o fijación del electrodo; (iv) un medio de refrigeración para refrigerar el electrodo o el soporte de acoplamiento con un medio de refrigeración tal como gas, agua, o aceite y similares; (v) un medio de aislamiento para aislar eléctricamente el material metálico que constituye la cubierta Rs o la base Rb del reactor de deposición; y (vi) una parte, un equipo y similares para acoplar, cerrar herméticamente, aislar y ensamblar los elementos como se ha descrito anteriormente en el presente documento para construir una unidad de electrodo individual.

La forma y dimensión de las correspondientes unidades de electrodo o los medios de electrodo E1, E2 se pueden determinar teniendo en cuenta un diámetro de la varilla de silicio a fabricar finalmente, el número y disposición de la instalación de las unidades de núcleo, un espacio disponible para instalar todas las unidades de electrodo E1, E2 requeridas, y sus correspondientes medios de transmisión de energía eléctrica T1, T2, y 1 a transversal de un electrodo de la unidad de electrodo por lo que el autocalentamiento eléctrico es débil. Las unidades de electrodo que constituyen cualquiera de los medios de electrodo E1, E2 y los correspondientes medios de transmisión de energía eléctrica T1, T2 se pueden instalar individualmente y a continuación finalmente se pueden conectar de forma mecánica y eléctrica entre sí. Sin embargo, también se puede permitir el diseño, fabricación y ensamblaje previo de una pluralidad de unidades de electrodo y los correspondientes medios de transmisión de energía eléctrica como un cuerpo más simplificado e integrado. Esto se puede conseguir cuando una pluralidad de los medios de transmisión de energía eléctrica se integran en un solo cuerpo de transmisión de energía eléctrica individual, eléctricamente conductor como un ejemplo de los medios de conexión eléctrica. A continuación, el cuerpo de conexión de corriente eléctrica integrado y las correspondientes unidades de electrodo se pueden fabricar o ensamblar previamente de una manera más integrada y compacta para una instalación conveniente.

El soporte de acoplamiento y/o la unidad de acoplamiento eléctrico que constituye una unidad de electrodo por lo general están formadas por un material de grafito de alta pureza que se puede fabricar fácilmente. Para prevenir o reducir una contaminación con carbono de la salida de deposición de silicio, a menudo se forma una capa de un material cerámico funcional, tal como carburo de silicio, en la superficie de tales elementos a base de grafito. En el ensamblaje y la instalación de las unidades de electrodo, un aislamiento eléctrico se debería asegurar entre tales elementos conductores y la cubierta a base de metal Rs y/o unidad de base Rb del reactor de deposición.

Durante la parte del funcionamiento del reactor, cada unidad de electrodo se puede exponer a una temperatura elevada del espacio interno Ri, por lo que es necesario proteger el material de aislamiento eléctrico o el material de sellado instalado de una degradación térmica. Por consiguiente, es preferente enfriar algunas zonas hubo toda la zona de la unidad de base Rb, el electrodo formado por un material metálico, las partes de aislamiento y similares usando un medio de refrigeración en circulación.

En la presente invención, el primer y segundo medios de electrodo E1, E2 que corresponden al primero y segundo medios de núcleo C1, C2, se pueden dividir en uno o una pluralidad de los primeros y segundos grupos de electrodo, respectivamente. Entonces, puede ser posible suministrar electricidad independientemente de cada uno del primero y/o segundo grupos de electrodo. Como resultado, una pluralidad de unidades de núcleo su representadas por un medio de núcleo individual se puede dividir en una pluralidad de grupos de núcleo de acuerdo con la clasificación de los grupos de electrodo. A continuación, según sea el caso para un medio de núcleo individual, una pluralidad de grupos de núcleo que constituyen cada medio de núcleo se puede conectar eléctricamente entre sí en circuitos en serie y/o paralelo. De acuerdo con un esquema de conexión de este tipo, los medios de transmisión de energía eléctrica para conexiones eléctricas de la correspondiente fuente de suministro de energía eléctrica a las unidades de electrodo así como de las unidades de electrodo entre sí se pueden instalar o ensamblar en el reactor de deposición y el correspondiente sistema de suministro de energía eléctrica.

El medio de transmisión de energía eléctrica que conecta la fuente de suministro de energía eléctrica y las unidades de electrodo se puede instalar en, a o fuera de la cubierta Rs y la unidad de base Rb del reactor de deposición. Además, los medios de transmisión de energía eléctrica o el medio de conexión eléctrica usados para interconexión de las unidades de electrodo E1, E2 se puede instalar en cualquier posición, es decir, dentro o fuera del reactor

cuando un aislamiento eléctrico apreciado se asegura frente al material metálico del reactor. Cuando se instalan en el exterior del reactor de deposición, los medios de transmisión de energía eléctrica pueden comprender un medio de conexión o un metal conductor disponibles en el mercado tal como un cable, una barra o un cuerpo conformado con una pequeña pérdida de energía eléctrica.

5 En el caso en el que, después de un aislamiento eléctrico apropiado, el medio de transmisión de energía eléctrica o el medio de conexión eléctrica se instale dentro del reactor de deposición, por ejemplo, justo por encima de la unidad de base Rb para conexión eléctrica de una pluralidad de unidades de electrodo E1, E2, un cuerpo fabricado para ese fin por mecanizado de un material de grafito material en una forma deseada se puede usar como representación de un material metálico. Para evitar la generación de componentes de impurezas o polvos finos de sí misma, la superficie del cuerpo conductor a base de grafito se puede someter preferentemente a un procesamiento físico y/o químico para formar una capa de cerámica funcional, tal como una capa de carburo de silicio.

15 El propio medio de transmisión de energía eléctrica o el propio medio de conexión eléctrica usados para interconectar las unidades de electrodo se pueden contemplar como una unidad de electrodo extendida porque tienen algo en común que es que la electricidad fluye a través de 1 a transversal grande de este tipo como para no aumentar de forma notable un calentamiento por resistencia. Por consiguiente, se puede diseñar, fabricar e instalar una pluralidad de unidades de electrodo E1, E2, así como los medios de transmisión de energía eléctrica o el medio de conexión eléctrica para interconectar las unidades de electrodo en forma de un cuerpo individual integrado o un ensamblaje de múltiples componentes integrados. Este método reduce en gran medida el espacio requerido para instalar los medios de transmisión de energía eléctrica T1, T2 para una pluralidad de unidades de electrodo instaladas por encima o por debajo de la unidad de base Rb, descarta elementos de resistencia de contacto eléctrico debido a las conexiones entre las unidades de electrodo y los correspondientes medios de transmisión de energía eléctrica, permite un ensamblaje y desmontaje fácil y conveniente del reactor, y aumenta la fiabilidad en términos de seguridad.

20 Un esquema sobre cómo conectar eléctricamente los grupos de electrodos para cada uno del primer y segundo medios de núcleo C1, C2 determina cómo constituir los circuitos eléctricos de los correspondientes grupos de núcleo como se ha descrito anteriormente. Si la electricidad se puede suministrar independientemente a cada uno de los grupos de electrodo, el respectivo tiempo de comienzo del calentamiento eléctrico se puede ajustar de forma diferente para cada grupo de electrodos de acuerdo con la presente invención. También es posible controlar la condición de voltaje-corriente para cada uno de los grupos de núcleo de forma diferente entre sí, si será necesario.

30 El sistema de suministro de energía eléctrica que permite un suministro de energía independiente a cada uno de los grupos de electrodos se puede construir de modo que los grupos se conecten eléctricamente en serie y/o paralelo. Tal esquema eléctrico se puede determinar basándose en la energía eléctrica necesaria en cada unidad de núcleo, la disposición de la instalación (disposición espacial) y método de interconexión de las unidades de electrodo, la especificación de la fuente de suministro de energía eléctrica, y similares.

35 Básicamente, la electricidad requerida para el calentamiento del primer medio de núcleo C1 se suministra independientemente a partir de la primera fuente de suministro de energía eléctrica V1 a la primera unidad de electrodo E1 a través del primer medio de transmisión de energía eléctrica T1. De forma análoga, la electricidad requerida para calentar el segundo medio de núcleo se suministra independientemente desde la segunda fuente de suministro de energía eléctrica V2 a la segunda unidad de electrodo E2 a través del segundo medio de transmisión de energía eléctrica T2.

40 La primera fuente de suministro de energía eléctrica V1 y la segunda fuente de suministro de energía eléctrica V2 comprenden respectivamente un sistema de conversión de energía eléctrica que tiene una función para convertir una electricidad de entrada con una corriente de bajo voltaje características en una electricidad de salida con una corriente elevada de bajo voltaje característica. Si fuera necesario, una función para convertir la corriente alterna en corriente directa también se puede incluir en las respectivas fuentes de suministro de energía eléctrica V1, V2. Las fuentes de suministro de energía eléctrica V1, V2 se pueden construir como sistemas de conversión de energía eléctrica instaladas de forma individual, separadas, o se pueden construir como un sistema de conversión de energía eléctrica de tipo combinado, individual.

45 Durante el proceso de deposición de silicio, el calentamiento eléctrico de las respectivas unidades de núcleo se somete a interdependencias entre una corriente que pasa a través de las unidades de núcleo y las salidas de deposición de silicio, una resistencia eléctrica de los materiales conductores, y una diferencia de potencial impuesta entre un par de unidades de electrodo correspondientes. Basándose en las características de electricidad, es posible controlar con el tiempo, la tasa de calendario hidroeléctrico de cada medio de núcleo, cada grupo de núcleo o cada unidad de núcleo. Esto se puede conseguir mediante el funcionamiento y control de la primera y segunda fuentes de suministro de energía eléctrica V1, V2 como se ha descrito anteriormente con cualquier voltaje o corriente siendo seleccionados como el parámetro de control.

60 Al mismo tiempo, puede ser posible que la primera fuente de suministro de energía eléctrica V1 para un reactor de deposición se asigne a otro primer medio de núcleo C1 comprendido en otro reactor de deposición. En este caso,

uno o una pluralidad del primer medio de núcleo C1 comprendido en una o una pluralidad de reactores de preposición, incluyendo los correspondientes primeros grupos de núcleo, primeras unidades de núcleo y primeras unidades de electrodo, se pueden conectar eléctricamente entre sí por los correspondientes medios de transmisión de energía eléctrica T1 en circuitos en serie y/o paralelo basándose en una sola fuente de suministro de energía eléctrica V1. también puede ser posible que la segunda fuente de suministro de energía eléctrica V2 para un reactor de deposición se asigne a otro segundo medio del núcleo C2 comprendido en otro reactor de deposición. En este caso, uno o una pluralidad del segundo medio de núcleo C2 comprendido en uno o una pluralidad de reactores de deposición, incluyendo los correspondientes según dos grupos de núcleo, segundas unidades de núcleo y segundas unidades de electrodo, se pueden conectar eléctricamente entre sí con los correspondientes medios de transmisión de energía eléctrica T2 en circuitos en serie y/o paralelo basándose en una fuente de suministro de energía eléctrica V2 individual.

En la presente invención el primer elemento de núcleo usado para cada una de la primera unidad de núcleo que constituye el primer medio de núcleo C1 está formado por un material resistivo, tal como un material de base metálica o a base de carbono, distinto de un silicio intrínseco o dopado.

El primer medio de núcleo puede tener una forma seleccionada entre el grupo que consiste en una varilla, un hilo, un filamento, una barra, una banda y una cinta que tienen una forma transversal de un círculo, un óvalo o un polígono (triángulo, cuadrilátero, hexágono, octógono y similares), y de una conducción, un tubo, un cilindro, y un conducto que tienen una forma transversal de un círculo concéntrico, un óvalo concéntrico o un polígono concéntrico.

Es preferente que el material resistivo usado para constituir el primer medio de núcleo C1 tenga el valor de resistividad en el intervalo de aproximadamente 1 $\mu\text{ohm-cm}$ a varios ohms-cm .

El material resistivo se selecciona entre (i) un metal o una aleación que comprende al menos un elemento metálico seleccionado entre el grupo que consiste en tungsteno (W), renio (Re), osmio (Os), tántalo (Ta), molibdeno (Mo), niobio (Nb), iridio (Ir), rutenio (Ru), tecnecio (Tc), hafnio (Hf), rodio (Rh), vanadio (V), cromo (Cr), zirconio (Zr), platino (Pt), torio (Th), lantano (La), titanio (Ti), lutecio (Lu), itrio (Y), hierro (Fe), níquel (Ni), aluminio (Al) y una mezcla de los mismos; (ii) un material de metal cerámico que contiene al menos un componente seleccionado entre el grupo que consiste en siliciuro de molibdeno (Mo-Si), óxido de lantano y cromo (La-Cr-O), circonia y una mezcla de los mismos; o (iii) un material a base de carbono que comprende al menos un componente seleccionado entre el grupo que consiste en carbono amorfo, grafito, carburo de silicio (SiC) y una mezcla de los mismos. Como se ha descrito anteriormente, el material resistivo usado para constituir el primer medio de núcleo C1 se puede seleccionar entre un amplio intervalo de materiales.

Además de poseer excelentes propiedades eléctricas para su uso en la presente invención, es necesario que el primer elemento de núcleo se seleccione preferentemente entre materiales de alta pureza que comprenden en la menor cantidad de componentes de impurezas orgánicas o inorgánicas que sean posibles. Esto conduce a una minimización de la contaminación por impurezas de la primera salida de deposición D1 formada hacia el exterior en el elemento de núcleo.

Las primeras unidades de núcleo que constituye el primer medio de núcleo C1 se someten a tratamiento térmico a una temperatura en el intervalo de 400 - 3.000 °C. El tratamiento térmico en una atmósfera de helio, nitrógeno, argón o helio de alta pureza puede eliminar o convertir químicamente algunos componentes de impurezas residuales. Este trabajo se puede realizar en la etapa de fabricación de la primera unidad de núcleo poco antes de la deposición de silicio. No importa si el tratamiento térmico mencionado anteriormente se realiza a través del calentamiento eléctrico las mismas después de su instalación en el reactor de deposición usado en la presente invención o en un reactor de deposición convencional disponible en la técnica anterior.

Por otro lado, las segundas unidades de núcleo que constituyen el segundo medio de núcleo C2 pueden estar formadas por un material de silicio seleccionado entre el grupo que consiste en silicio policristalino intrínseco, silicio monocristalino intrínseco, silicio dopado, agente dopante que contiene el tipo n o que el tipo p, y una mezcla de los mismos.

Al igual que el primer medio de núcleo C1, el segundo medio de núcleo C2 puede tener una forma seleccionada entre el grupo que consiste en una varilla, un hilo, un filamento, una barra, una banda y una cinta que tienen una forma transversal de un círculo, un óvalo o un polígono (triángulo, cuadrilátero, hexágono, octógono y similares), y de una conducción, un tubo, un cilindro, y un conducto que tienen una forma transversal de un círculo concéntrico, un óvalo concéntrico o un polígono concéntrico.

En la presente invención, aunque dependa de la unidad de núcleo a base de silicio en una etapa inicial de deposición de silicio, una forma transversal de una varilla de silicio policristalino se transforma progresivamente en una forma circular u ovalada con su tamaño (es decir, grosor) aumentando con el tiempo de deposición.

Las formas de los medios de núcleo C1, C2, en términos de secciones transversales de los correspondientes elementos de núcleo, se pueden seleccionar entre las que satisfacen la disponibilidad comercial de los materiales

del elemento, una posibilidad de fabricación, su formación o costes de fabricación, la disposición de la instalación (es decir, disposición coplanar) del medio de electrodo y el medio de núcleo, etc. Aunque todas las unidades de núcleo y constituyen ambos medios de núcleo C1, C2 pueden tener una forma transversal idéntica, sus formas también pueden ser diferentes entre sí. Además, cualquiera de los medios de núcleo C1, C2 puede estar formado por grupos o unidades de núcleo con diferentes formas. La Fig. 4 y la Fig. 6 ilustran los medios de núcleo y/o grupos de núcleo con diferentes formas.

Las unidades de núcleo con forma de varilla que tienen una sección transversal circular por lo general se pueden seleccionar para que constituyan los correspondientes medios de núcleo C1, C2. En su lugar, todas o parte de las unidades de núcleo con forma de varilla se pueden sustituir por cualquiera de las unidades de núcleo con forma de banda (o cinta) o por las unidades de núcleo vueltas con forma de tubo. En cualquier caso, se requiere una fabricación apropiada de las correspondientes unidades de electrodo E1, E2 de modo que la instalación estable de las unidades de núcleo y su contacto eléctrico con los correspondientes electrodos se pueda asegurar independientemente de la forma de sección transversal.

Al igual que en el reactor de tipo campana de vidrio convencional, las dimensiones de los medios de núcleo C1, C2 que se pueden usar en la presente invención se pueden seleccionar en términos de sus secciones transversales como sigue a continuación: un diámetro aparente de una sección transversal circular puede estar en el intervalo de aproximadamente 3-30 mm, mientras que una longitud diagonal, la más larga, está en el intervalo de aproximadamente 5-100 mm y 0,5 - 6 mm, respectivamente. Al mismo tiempo, las longitudes longitudinales de dos medios de núcleo se pueden seleccionar preferentemente de modo que ambas se puedan instalar casi a las mismas alturas.

Lo que determina una dimensión individual de los medios de núcleo C1, C2 distinta de los grosores transversales y la altura longitudinal es un espaciado entre un par de elementos de núcleo instalados verticalmente que constituyen una unidad de núcleo individual. El espaciado corresponde a una separación de la disposición entre 1A-1 y 1A-1' o 2A-1 y 2A-1' como se ilustra en la Fig. 2, es decir, un espaciado entre los centros adyacentes de un par de unidades de electrodo que constituyen y apoyan una unidad de núcleo individual. En el caso del elemento de núcleo que tiene una sección transversal circular, es preferente, en general, que el espaciado (es decir, separación de la disposición) esté en el intervalo de aproximadamente 1,2 - 1,8 veces de un diámetro medio de un producto de varilla de silicio a fabricar.

Por otro lado, es necesario instalar tantas unidades de núcleo como sea posible en el espacio interno Ri del reactor de deposición de modo que el rendimiento y la productividad de la reacción se puedan aumentar de acuerdo con un aumento del área superficial para aumento de la deposición de silicio, y en el mismo se podría fabricar un número máximo de productos de varilla de silicio con un tamaño determinado previamente. Para este fin, es precedente que el espaciado entre las unidades de núcleo adyacentes, basándose en el espaciado más corto entre dos elementos de núcleos verticales de diferentes medios de núcleo, estén en el intervalo de aproximadamente 1,2 - 2,4 veces de un diámetro medio de un producto de varilla de silicio a fabricar.

Para aumentar sustancialmente la productividad del reactor y los efectos positivos de la presente invención, es importante optimizar una disposición coplanar, es decir, disposición de la instalación de las unidades de núcleo y las correspondientes unidades de electrodo de modo que se puedan instalar tantas unidades de núcleo como sea posible y las unidades de electrodo correspondientes se puedan instalar tantas veces como sea posible en la unidad de base Rb. Una instalación clasificada de los medios de núcleo C1, C2, los respectivos grupos de núcleo correspondientes y las unidades de núcleo correspondientes pueden satisfacer posiblemente la disposición de la instalación optimizada.

En la construcción del sistema de suministro de energía eléctrica para un control independiente del suministro de energía a los respectivos medios de núcleo C1, C2, grupos de núcleo y unidades de núcleo en la presente invención, se puede establecer un circuito eléctrico y una secuencia de flujo de corriente de acuerdo con la disposición de la instalación de las unidades de núcleo y las unidades de electrodo así como esquemas de conexión para su combinación en serie-paralelo. En el presente documento, cualquiera de una conexión en serie o en paralelo se puede aplicar a la conexión eléctrica de las unidades de núcleo, si la condición requerida de voltaje-corriente se satisface para cada unidad de núcleo o las unidades de electrodo correspondientes.

Sin embargo, si todas las unidades de núcleo se conectan en paralelo entre sí, un voltaje aplicado a cada unidad del núcleo se hace muy bajo, y por lo tanto se produce el problema de que se podría proporcionar una corriente eléctrica muy elevada. De otro modo, si se conectan demasiadas unidades de núcleo entre sí en serie, la diferencia de potencial entre un terminal de entrada y un terminal de salida del circuito es muy elevada, dando como resultado de ese modo una corriente eléctrica baja para cada unidad de núcleo.

El número de las unidades de núcleo conectadas entre sí en serie depende de la dimensión de la unidad de núcleo y sus propiedades eléctricas. Para prevenir que una diferencia de potencial elevada de este tipo supere el intervalo de aproximadamente 100 - 200 V, es necesario construir el sistema de suministro de energía eléctrica mediante la combinación adecuada de las conexiones tanto en serie como en paralelo de las unidades de núcleo.

Al mismo tiempo, basándose en una dirección longitudinal de una unidad de núcleo, una pieza de elemento de núcleo se puede formar en una forma de línea recta, forma de U, forma de W y similares, y ambos de sus extremos se pueden fijar e instalar en un par de unidades de electrodo correspondientes. Por ejemplo, como se ilustra para el primer medio de núcleo C1 en la Fig. 1, las unidades de núcleo se pueden instalar de modo que una unidad de núcleo C1 con forma de U (en lo sucesivo en el presente documento se denomina "tipo de cuerpo individual") se fije bien a un par de unidades de electrodo E1 correspondientes. Además, como se ilustra para el segundo medio de núcleo C2 en la Fig. 1, un par de partes de elementos de núcleo verticales y una parte de elemento de núcleo horizontal que sirve como un puente que conecta ambos extremos superiores de las partes verticales se ensamblan en conjunto para formar una unidad de núcleo conectada eléctricamente C2 (en lo sucesivo en el presente documento se denomina "tipo ensamblado"), que se fija bien a un par de unidades de electrodo correspondientes E2.

Las unidades de núcleo que constituyen un medio de núcleo individual se pueden preparar formando directamente un elemento de núcleo individual similar a una unidad de núcleo de tipo cuerpo individual (forma de U), o una pluralidad de partes de elemento de núcleo se pueden conectar entre sí para formar la unidad de núcleo de tipo cuerpo individual (forma de U). Estos métodos se pueden aplicar principalmente para preparar la primera unidad de núcleo que constituye y está representada por el primer medio de núcleo C1 como se ilustra en la Fig. 1. Cualquiera de los métodos apenas se pueden usar para preparar las segundas unidades de núcleo que constituyen están representadas por el segundo medio C2, porque las partes del elemento de núcleo formadas por un material de silicio se deberían conectar entre sí en una atmósfera de pureza elevada por medio de una soldadura de plasma/arco eléctrico por lo que es prácticamente difícil formar el cuerpo individual en forma de U.

En el caso de la unidad de núcleo de tipo ensamblado en la que una unidad de núcleo para cada uno de los dos medios de núcleo C1, C2 consiste en una pluralidad de partes de elemento de núcleo con forma de línea recta, dos partes de elementos de núcleo verticales, que se montan verticalmente en un par de las unidades de electrodo E1, E2 correspondientes, se deberían conectar física y eléctricamente con la parte del elemento de núcleo horizontal que sirve como un puente. Esto se puede realizar mediante: (i) procesamiento mecánico de una parte de conexión de las partes del elemento de núcleo; (ii) soldadura o conexión de la parte de conexión mediante el uso de un medio de soldadura o plasma/arco eléctrico; (iii) conexión de las partes del elemento de núcleo usando un equipo de conexión o ayuda de acoplamiento tal como un material de acoplamiento con forma de hilo; o (iv) aplicando los métodos mencionados anteriormente de una manera combinada.

El método mencionado anteriormente para preparar las unidades de núcleo de tipo ensamblado se puede aplicar a todas las primeras y segundas unidades de núcleo, y es deseable que las partes de los elementos de núcleo vertical y horizontal tengan el mismo material y la misma dimensión transversal. Sin embargo, no existe problema en la realización de la presente invención incluso cuando las partes de los elementos de núcleo vertical y horizontal están formadas por diferentes materiales y tienen diferentes dimensiones entre sí. Por ejemplo, si la segunda unidad de núcleo se constituye como la unidad de núcleo de tipo ensamblado usando un par de partes de elementos de núcleo verticales formados por silicio, un material de silicio que tiene una forma transversal y 1 a similar a las de los partes de los elementos de núcleo verticales se puede usar para preparar la parte del elemento de núcleo horizontal que sirve como el puente. Además, en lugar de usar un puente a base de silicio, no importa si se usa o no se usa un material resistivo que no es de silicio con una forma transversal y 1 a diferentes de las de las partes del elemento de núcleo vertical.

En la preparación del segundo medio de núcleo de tipo ensamblado C2 con la parte del elemento de núcleo horizontal estando formada por el material resistivo aplicable al primer medio de núcleo C1, es preferente determinar su especificación física, incluyendo una dimensión transversal, una longitud similares, teniendo en cuenta sus propiedades eléctricas dependientes de la temperatura. Además es más precedente fabricar ambos extremos de las partes del elemento de núcleo vertical de modo que se puedan acoplar bien para la parte del elemento de núcleo horizontal.

Una vez que el gas de reacción Gf suministra en el espacio interno Ri del reactor de deposición, la deposición de silicio se produce para formar la primera salida de deposición D1 y/o la segunda salida de deposición D2 en una dirección hacia el exterior del primer medio de núcleo C1 y/o el segundo medio de núcleo C2, respectivamente, de acuerdo con la presente invención.

En el presente documento, la "dirección hacia el exterior" se refiere a una dirección que es perpendicular a la superficie de una unidad de núcleo, es decir, una dirección del grosor o una dirección radial de su sección transversal. Cuando la deposición de silicio evoluciona de acuerdo con la operación de deposición de silicio, un diámetro o una longitud/de cada una de las salidas de deposición D1 y D2 aumenta gradualmente, y finalmente de ese modo se forma dentro del reactor un producto de varilla de silicio policristalino de un tamaño deseado.

El gas de reacción Gf, que se puede usar en la presente invención, contiene al menos un componente que contiene silicio seleccionado entre el grupo que consiste en monosilano (SiH_4), diclorosilano (SiH_2Cl_2), triclorosilano (SiHCl_3), tetracloruro de silicio (SiCl_4) y una mezcla de los mismos. La pirólisis y/o reducción de hidrógeno del componente que contiene silicio conduce a la deposición de silicio que forma la salida de deposición de silicio.

Aunque está compuesto solamente por el componente que contiene silicio para preparar el silicio policristalino con forma de varilla, el gas de reacción Gf puede contener adicionalmente al menos un componente gaseoso seleccionado entre el grupo que consiste en hidrógeno (H₂), nitrógeno (N₂), argón (Ar), helio (He), cloruro de hidrógeno (HCl), y una mezcla de los mismos para controlar la característica de la reacción de deposición y la composición de un gas de salida Go.

Para que la deposición de silicio se produzca en las superficies de la primera y segunda salidas de deposición D1, D2, la deposición de silicio se produce en el espacio interno Ri del reactor de deposición a una presión de reacción en el intervalo de 100 - 2000 kPa y una temperatura de reacción en el intervalo de 650 – 1.300 °C basándose en la temperatura superficial de la primera salida de deposición D1 y/o de la segunda salida de deposición D2.

Si la presión de la reacción es inferior a 100 kPa, la tasa de deposición de silicio en las salidas de deposición D1, D2 y la productividad del reactor llega a ser desfavorablemente baja. De otro modo, cuanto más elevada sea presión de la reacción, más ventajoso es el reactor de deposición en el aspecto de la productividad. Esta característica es más importante especialmente cuando el triclorosilano se selecciona como el componente que contiene silicio en lugar del caso de monosilano. Sin embargo, si la presión de reacción se mantiene a un nivel que supera 2000 kPa para aumentar notablemente la productividad del reactor, se encuentran problemas graves tales como los que siguen a continuación: el coste de fabricación del reactor de deposición en sí mismo así como las unidades secundarias en conexión con el reactor se hace excesivo; se hace más difícil asegurar la seguridad del proceso; y la tasa de alimentación (moles/h) del material de partida se hace demasiado elevada para que las temperaturas superficiales de las salidas de deposición D1, D2 se mantengan dentro de un intervalo de temperatura de reacción permisible mediante el calentamiento eléctrico de los medios de núcleo C1, C2.

Basándose en la conveniencia y la fiabilidad de la medición de la temperatura y teniendo en cuenta los hechos de que el silicio se debería depositar continuamente en las superficies de las salidas de deposición en una dirección hacia el exterior de los medios de núcleo C1, C2, y las temperaturas superficiales son diferentes de acuerdo con las posiciones instaladas de las salidas de deposición D1, D2 en el espacio interno Ri, es preferente que una temperatura de la superficie de las salidas de deposición D1, D2 se contemple como un patrón de la temperatura de reacción.

Aunque una temperatura de reacción varíe de acuerdo con la composición del gas de reacción Gf a usar, la tasa de deposición de silicio es significativamente baja o insignificante a una temperatura inferior a 650 °C con la productividad del reactor siendo desfavorablemente baja. De otro modo, la tasa de deposición aumenta con la temperatura de reacción. Sin embargo, a temperaturas que superan 1.300 °C, el contenido de un componente que no se puede reciclar a aumentar excesivamente en el gas de salida Go. Además, la temperatura de las partes centrales de los medios de núcleo C1, C2, es decir, la temperatura de los elementos de núcleo se superan 1.400 °C puede causar un colapso de la varilla de silicio durante el proceso de deposición, y una enorme pérdida de calor a través de la cubierta del reactor Rs. Por lo tanto, se recomienda ajustar la temperatura de reacción que representa un intervalo de temperatura permisible para la deposición de silicio dentro del intervalo de 650 - 1.300 °C, teniendo en cuenta condiciones tales como las composiciones del gas de reacción Gf y del gas de salida Go, presión, tasa de deposición de silicio, eficiencia energética y similares.

En un proceso discontinuo para la preparación de silicio policristalino con forma de varilla de acuerdo con la presente invención, los diámetros y las áreas superficiales de las salidas de deposición D1, D2, una carga de calor de los medios de núcleo C1, C2, una pérdida de calor a través de la cubierta Rs del reactor de deposición aumentan con el tiempo de funcionamiento. Entonces es deseable determinar previamente las condiciones de funcionamiento tales como tasa de alimentación y composición del gas de reacción Gf, la temperatura de reacción, la presión de reacción, suministro de energía eléctrica y similares. También es importante optimizar las condiciones mencionadas anteriormente cambiándolas con el tiempo de funcionamiento.

En el proceso de calentamiento previo del segundo medio de núcleo C2 por el primer medio de núcleo C1 calentado eléctricamente con anterioridad de acuerdo con la presente invención, puede ser posible que se produzca una contaminación del segundo medio de núcleo basado en silicio C2 de vida al material resistivo que constituye el primer medio de núcleo C1 separado del segundo medio de núcleo C2. En el presente documento es necesario resaltar lo que sigue a continuación: el proceso de calentamiento previo de acuerdo con la presente invención se realiza a una presión normal o elevada, es decir, en una condición que no sea de vacío; la temperatura del primer medio de núcleo C1 es inferior a aproximadamente 3.000 °C, es decir, la temperatura es inferior a la temperatura del punto de fusión del material resistivo; un ión con una energía elevada apenas puede existir en el espacio interno. A continuación, una evaporación de los componentes de impurezas o un bombardeo se puede producir apenas en la superficie de primer elemento de núcleo sometido a tratamiento térmico de forma apropiada, que se cree que no deteriora la pureza del segundo elemento de núcleo y finalmente la segunda salida de deposición.

En comparación con la segunda salida de deposición D2, por otro lado, la primera salida de deposición D1 formada hacia el exterior en el primer elemento de núcleo formada por un material resistivo tiene un riesgo relativamente elevado de contaminación causada por los componentes de las impurezas contenidas en el material resistivo. Por lo tanto, de acuerdo con la presente invención basándose en un medio de núcleo mixto, un silicio policristalino de

calidad solar a usar para celdas solares se puede formar en la primera salida de deposición D1, y un silicio policristalino de calidad electrónica a usar para dispositivos semiconductores se forma en la segunda salida de deposición D2. En lugar de una preparación simultánea de las dos calidades de silicio policristalino en el mismo reactor de deposición, solamente se puede preparar un tipo de silicio policristalino a usar para cualquiera de celdas
5 solares o dispositivos semiconductores formando la primera y segunda salidas de deposición D1, D2.

Una vez que el proceso para la deposición de silicio se realiza suficientemente de acuerdo con la presente invención, un diámetro o longitud/ de la varilla de silicio alcanza un valor máximo permisible y la operación de deposición se detiene antes de que una salida de deposición sigue a estar en contacto con otra salida de deposición
10 adyacente. A partir de ese momento, el reactor se desmonta y las varillas de la salida de deposición se recogen.

Para aumentar la calidad de la primera salida de deposición D1 formada en una dirección hacia el exterior del primer elemento de núcleo C1a, es preferente que el primer medio de núcleo C1 de acuerdo con la presente invención se constituya formando una o una pluralidad de capa(s) de separación C1b, C1b', C1b" en la superficie del primer
15 elemento de núcleo C1a formado por un material resistivo (véase la Fig. 8 a la Fig. 12). Esto hace posible evitar que la primera salida de deposición D1 se contamine por los componentes contenidos en el primer elemento de núcleo C1a o minimizar la posibilidad de la contaminación de la primera salida de deposición D1. Si la primera unidad de núcleo se puede constituir mediante la formación de la capa de separación C1b en la superficie del primer elemento de núcleo C1a, es posible preparar salidas de deposición de silicio de alta pureza D1, D2, que se pueden usar para
20 las celdas solares y/o los dispositivos semiconductores, tanto en el primer como en el segundo medios de núcleo C1, C2 de acuerdo con la presente invención.

En el de reactor deposición de silicio convencional solamente se ha seleccionado una clase del medio de núcleo entre el primer medio de núcleo basado en material resistivo C1 y el segundo medio del núcleo basado en silicio C2.
25 Sin embargo, de acuerdo con la presente invención, como se ilustra de la Fig. 8 a la Fig. 12, el primer medio de núcleo C1 constituido mediante la formación de la capa de separación C1b en el primer elemento de núcleo C1a se instala en el reactor de deposición junto con el segundo medio de núcleo C2 formado a partir de materiales y; el segundo medio de núcleo C2 se calienta previamente con el primer medio de núcleo C1 que se calienta eléctricamente con anterioridad; a continuación comienza un calentamiento eléctrico del segundo medio del núcleo calentado previamente C2 para formar las salidas de deposición de silicio D1, D2 hacia el exterior en los medios de
30 núcleo C1, C2, respectivamente; y finalmente, se puede preparar un silicio policristalino de alta pureza con forma de varilla.

Por consiguiente, la capa de separación C1b formada en la superficie del primer elemento de núcleo C1a sirve como sustrato en el que comienza una formación de la primera salida de deposición D1, y previene una difusión de los
35 componentes de impurezas de los primeros elementos de núcleo C1a a la primera salida de deposición D1 durante el proceso de deposición. La capa de separación C1b se diferencia del silicio policristalino formado en la primera salida de deposición D1 en su tipo ordenado, estructura y propiedades físicas. Por lo tanto, la capa de separación se puede separar fácilmente de la primera salida de deposición D1 después de completar la preparación de las salidas de la varilla de silicio.
40

La capa de separación C1b puede consistir en una capa o una pluralidad de capas. Si el número de capas supera 5, se necesita una gran cantidad de tiempo, trabajo y costes para formar la capa de separación C1b, lo que deteriora las ventajas económicas de la presente invención. Por consiguiente, el número de capa o capas de separación está
45 preferentemente en el intervalo de 1 a 5, es decir, se recomienda que la capa de separación C1b conste de cinco tipos de capas o menos.

La capa de separación C1b de acuerdo con la presente invención tiene una función de una barrera de difusión para prevenir la difusión de un componente un elemento específico entre dos zonas de contacto metálicas a temperatura elevada. En el presente documento, el componente de barrera que constituye cada capa de la capa(s) de separación
50 C1b se puede seleccionar entre (i) nitruro de silicio, óxido de silicio, carburo de silicio u oxinitruro de silicio o (ii) un nitruro, un óxido, un siliciuro, un carburo, un oxinitruro o un oxisiliciuro que comprende al menos un elemento metálico seleccionado entre el grupo que consiste en tungsteno (W), renio (Re), osmio (Os), tántalo (Ta), molibdeno (Mo), niobio (Nb), iridio (Ir), rutenio (Ru), tecnecio (Tc), hafnio (Hf), rodio (Rh), vanadio (V), cromo (Cr), zirconio (Zr), platino (Pt), torio (Th), lantano (La), titanio (Ti), lutecio (Lu), itrio (Y), y una mezcla de los mismos.
55

Un componente de barrera que constituye la capa de separación C1b de acuerdo con la presente invención comprende la sustancia que consiste en un nitruro de silicio o un elemento seleccionado entre metales que constituyen el primer elemento de núcleo C1a, de modo que un nitruro puede comprender un nitruro de un solo
60 componente tal como Si-N, W-N, Os-N, Ta-N, Mo-N, Nb-N, Ir-N, Ru-N, Tc-N, Hf-N, Rh-N, V-N, Cr-N, Zr-N, Pt-N, Th-N, Ti-N, Lu-N, Y-N y similares y un nitruro metálico mixto tal como W-V-N, Ti-Si-N, Ti-C-N, Hf-Ta-Mo-N y similares.

La mayoría de los componentes basados en nitruro de este tipo tienen un punto de fusión de 2.000 °C o superior, en el que otras tareas físicas de tales componentes a basados en nitruro se diferencian de los del primer elemento de
65 núcleo C1a o la primera salida de deposición D1. Tales componentes basados en nitruro se pueden combinar con iones de impurezas metálicas del primer elemento de núcleo C1a, lo que permite que tales componentes basados en

nitruro se puedan usar para formar la capa de separación C1b. Sin embargo, existe una pequeña posibilidad de contaminación de la primera salida de deposición D1 con componente de nitrógeno de la capa de separación basada en nitruro C1b a una temperatura de reacción elevada, y por lo tanto, la capa de separación basada en nitruro se puede usar para formar una o una pluralidad de capas de separación C1b y puede constituir el primer medio de núcleo C1, junto con la capa de separación basada en óxido, basada en oxinitruro, basada en carburo, basada en siliciuro o basada en oxisiliciuro C1b.

Un componente de barrera que constituye la capa de separación C1b de acuerdo con la presente invención comprende una sustancia que consiste en un oxinitruro de silicio o un elemento seleccionado entre metales que constituyen el primer elemento de núcleo C1a, en el tal oxinitruro puede comprender un oxinitruro de un solo componente tal como Si-O-N, W-O-N, Os-O-N, Ta-O-N, Mo-O-N, Nb-O-N, Ir-O-N, Ru-O-N, Tc-O-N, Hf-O-N, Rh-O-N, V-O-N, Cr-O-N, Zr-O-N, Pt-O-N, Th-O-N, Ti-O-N, Lu-O-N, Y-O-N y similares, y un oxinitruro de metal mixto tal como Si-Al-O-N, Hf-Zr-O-N, Mo-W-O-N, V-Mo-W-O-N y similares.

La mayoría de tales componentes basados en oxinitruro tienen un punto de fusión de 2.000 °C o superior, en los que otras propiedades físicas de tales componentes basados en oxinitruro se diferencian de las del primer elemento de núcleo C1a o la primera salida de deposición D1, y tales componentes basados en oxinitruro se pueden combinar con y e impurezas metálicas del primer elemento de núcleo C1a, que permite que tales componentes basados en oxinitruro se usen para formar la capa de separación C1b. Sin embargo, existe una pequeña posibilidad de contaminación de la primera salida de deposición D1 con componente de nitrógeno de la capa de separación basada en oxinitruro C1b, a una temperatura de reacción elevada, y por lo tanto la capa de separación basada en oxinitruro se puede usar para formar una o una pluralidad de capa(s) de separación C1b y puede constituir el primer medio de núcleo C1 junto con la capa de separación basada en nitruro, basada en óxido, basada en carburo, basada en siliciuro o basada en oxisiliciuro C1b.

Un componente de barrera que constituye la capa de separación C1b de acuerdo con la presente invención comprende una sustancia que consiste en un óxido de silicio o un elemento seleccionado entre metales que constituyen el primer elemento de núcleo C1a, en el que un óxido de este tipo puede comprender un óxido de un solo componente tal como Si-O, W-O, Ta-O, Nb-O, Hf-O, Zr-O, Ti-O y similares, y óxido de metal mixto tal como W-V-O, Ti-Si-O, Sr-Ti-O, Sr-Ti-Nb-O, Sr-La-Al-O La-Mn-O, Sr-Hf-O, Nb-Ta-O, Ba-Zr-O, Ba-Mo-O, Ba-Ce-O, Ba-Ti-O, Ca-Ti-O, Sr-Zr-O, Sr-Mn-O, Hf-Ta-Mo-O, Y-Zr-O y similares.

La mayoría de tales componentes basados en óxido tienen un punto de fusión de 1.420 °C o superior, en el que otras propiedades físicas de tales componentes basados en óxido se diferencian de las del primer elemento de núcleo C1a o la primera salida de deposición D1 que permite que tales componentes basados en óxido se combinen con guiones de impurezas metálicas del primer elemento de núcleo C1a, y por lo tanto tales componentes basados en óxido se pueden usar para formar la capa de separación C1b. Sin embargo, existe una pequeña posibilidad de contaminar la primera salida de deposición D1 con el componente de oxígeno de la capa de separación basada en óxido C1b a una temperatura de reacción elevada, y por lo tanto, la capa de separación basada en óxido se puede usar para formar una o una pluralidad de capa(s) de separación C1b y puede constituir el primer medio de núcleo C1 junto con la capa de separación basada en nitruro, basada en oxinitruro, basada en carburo, basada en siliciuro o basada en oxisiliciuro C1b.

Un componente de barrera que constituye la capa de separación C1b de acuerdo con la presente invención comprende una sustancia que consiste en un carburo de silicio o un elemento seleccionado entre metales que constituyen el primer elemento de núcleo C1a, en el que un carburo de este tipo puede comprender un carburo de un solo componente tal como Si-C, W-C, Os-C, Ta-C, Mo-C, Nb-C, Ir-C, Ru-C, Tc-C, Hf-C, Rh-C, V-C, Cr-C, Zr-C, Pt-C, Th-C, Ti-C, Lu-C, Y-C y similares, un carburo de metal mixto tal como Si-W-C, Ta-Hf-C, Si-Ti-C y similares, y el nitruro de carbono de metal de transición tal como W-C-N, Ta-C-N, Zr-C-N, Ti-C-N y similares.

La mayoría de tales componentes basados en carburo tienen un punto de fusión de 2.000 °C o superior, en el que otras propiedades físicas de tales componentes basados en carburo se diferencian de las del primer elemento de núcleo C1a o la primera salida de deposición D1, y tales componentes basados en carburo se pueden combinar con iones de impurezas metálicas del primer elemento de núcleo C1a, que permite que tales componentes basados en carburo se usen para formar la capa de separación C1b. Sin embargo, existe la posibilidad de contaminación de la primera salida de deposición D1 con un componente de carbono de la capa de separación basada en carburo C1b a una temperatura de reacción elevada, y por lo tanto también es deseable aislar la primera capa de deposición D1 con la capa de separación basada en nitruro, basada en oxinitruro, basada en siliciuro, o basada en oxisiliciuro C1b, en lugar de su aplicación en forma de una capa de separación individual C1b.

Un componente de barrera que constituye la capa de separación C1b de acuerdo con la presente invención comprende una sustancia que consiste en un siliciuro de silicio o un elemento seleccionado entre metales que constituyen el primer elemento de núcleo C1a, en el que un siliciuro de este tipo puede comprender un siliciuro de un solo componente tal como W-Si, Os-Si, Ta-Si, Mo-Si, Nb-Si, Ir-Si, Ru-Si, Tc-Si, Hf-Si, Rh-Si, V-Si, Cr-Si, Zr-Si, Pt-Si, Th-Si, Ti-Si, Lu-Si, Y-Si y similares, siliciuro de metal mixto tal como W-V-Si, W-Ti-Si-N, Ti-Zr-Si-C, Hf-Ta-Si-N y similares, y tal componente basado en siliciuro puede comprender oxisiliciuro obtenido por adición del elemento

oxígeno a un siliciuro mencionado anterior.

El contenido de componente se puede ajustar de una manera tal que los componentes basados en siliciuro o basados en oxisiliciuro tengan un punto de fusión de 1.420 °C o superior, las propiedades físicas de tales componentes basados en siliciuro o basados en oxisiliciuro se diferencian de las del primer elemento de núcleo C1a o la primera salida de deposición D1 y de modo que tales componentes basados en siliciuro o basados en oxisiliciuro se puedan combinar con iones de impurezas metálicas del primer elemento de núcleo C1a, y de modo que tales componentes basados en siliciuro o basados en oxisiliciuro se puedan usar para formar una o una pluralidad de las capas de separación C1b. La capa de separación basada en siliciuro o basada en oxisiliciuro puede formar el primer medio de núcleo C1 junto con la capa de separación basada en nitruro, basada en óxido, basada en oxinitruro, o basada en carburo C1b.

Como se ha descrito anteriormente, un componente de barrera que constituye la capa de separación C1b puede comprender un componente que contenga a boro que tenga una propiedad física excelente tal como un nitruro, un óxido, un carburo o un oxinitruro. Dado que existe una posibilidad de contaminación de la primera salida de deposición D1 con un componente de boro en la capa de separación a base de boro C1b a una temperatura de reacción elevada, el primer elemento de núcleo C1a se debería aislar perfectamente de la primera capa de deposición D1 con la capa de separación basada en nitruro, basada en oxinitruro, basada en siliciuro, o basada en oxisiliciuro C1b en lugar de su aplicación en forma de una capa de separación individual C1b.

De acuerdo con la presente invención, la constitución del primer medio de núcleo C1 mediante formación de la capa de separación 1b en la superficie del primer elemento de núcleo C1a se puede realizar con una diversidad de métodos.

Como un ejemplo para formar la capa de separación C1, el primer medio de núcleo C1 se puede constituir rodeando la superficie del primer elemento de núcleo C1a con una pluralidad de unidades de constituyentes de la capa de separación formadas por un componente de barrera como se ha descrito anteriormente.

En el caso en el que la capa de separación C1b se forme con el método de ensamblaje de las unidades constituyentes de la capa de separación como se ha mencionado anteriormente, es necesario preparar la barrera de esas unidades fabricando las unidades ensambladas previamente formadas por el componente de barrera a tamaño, forma y número determinados previamente y/o revestimiento de un componente de barrera a cada una de las unidades ensambladas previamente. A continuación, el primer elemento de núcleo C1a que rodea la capa de separación C1b se puede completar mediante ensamblaje en capas o conectando de forma apropiada o formando las capas constituyentes de la capa de separación ensambladas previamente. Este método es especialmente adecuado para un caso en el que una unidad de núcleo del primer tipo ensamblada se construye mediante ensamblaje de una pluralidad de primeras unidades de elemento de núcleo. Consistiendo en una o una pluralidad de capa(s) de separación C1b que tienen el componente de barrera en una dirección del grosor, cada una de las unidades constituyentes de la capa de separación se puede preparar independientemente con anterioridad con una forma transversal de una forma de un círculo, un polígono, un círculo concéntrico o un polígono concéntrico en sección transversal. Ahora, la primera unidad del núcleo se puede construir por ensamblaje en capas, conectando de una manera concéntrica el primer elemento de núcleo junto con las subunidades constituyentes de la capa de separación preparadas de este modo. De acuerdo con este método, un espacio diminuto puede existir entre la superficie del primer elemento de núcleo C1a y la capa de separación, entre las capas de separación o entre las unidades constituyentes de la capa de separación. Sin embargo, si fuera el caso, la existencia del espacio diminuto no ejerce un efecto adverso en la formación de la salida de deposición en una dirección hacia el exterior del elemento de núcleo de acuerdo con la presente invención.

A diferencia de lo mencionado anteriormente, la capa de separación C1b se forma por revestimiento del componente de barrera en la superficie del primer elemento de núcleo C1a. El revestimiento directo de cada uno de los componentes de barrera seleccionados se puede aplicar en su superficie con un grosor determinado previamente. Si se aplica la manera de revestimiento directo como se ha descrito anteriormente, la capa de separación C1b que consiste en una pluralidad de capas se puede formar en secuencia incluso dentro del mismo dispositivo de revestimiento o se puede formar en un número de dispositivos de revestimiento separados. De acuerdo con este método, una capa de separación requerida se puede formar densamente, y una aparición de un espacio diminuto entre la superficie del primer elemento de núcleo C1a y la capa de separación o entre las capas de separación es menos probable. No se ejerce ningún problema en la formación de la salida de deposición.

Por otro lado, por combinación del esquema de aplicación de la capa de separación que constituye unidades para el elemento de núcleo y el esquema de aplicación del método de revestimiento directo como se ha descrito anteriormente, también es posible constituir el primer medio de núcleo C1 mediante formación de la capa de separación en el elemento de núcleo.

Parte de la capa de separación(s) o toda la capa(s) de separación C1b se puede formar en la superficie del primer elemento de núcleo C1a en otro tipo de reactor o un dispositivo revestimiento especial de acuerdo con la presente invención. De otro modo, el mismo trabajo también se puede formar en un reactor de deposición; el trabajo se puede

realizar también en el espacio interno Ri del reactor de deposición de silicio reactor usado en la presente invención o de un reactor de deposición convencional existente disponible. En este caso, uno o una pluralidad de los primeros elemento de núcleo C1a se instalan en las correspondientes unidades de electrodo del reactor de deposición, se llegan a calentar después de suministro de electricidad a través de las unidades de electrodo; a continuación se
 5 suministra un gas de material sin procesar en el espacio interno del reactor de deposición para formar la capa de separación C1b en la superficie del primer elemento de núcleo C1a; y finalmente se obtiene un conjunto completo del primer medio de núcleo C1.

También es posible realizar el proceso de formación de la capa de separación mediante el uso tanto del reactor de deposición como del otro dispositivo(s) de revestimiento de secuencia; por ejemplo, después de formar parte de la
 10 capa de separación en un dispositivo de revestimiento especial, es posible formar adicionalmente el resto de la capa de separación C1b en el reactor de deposición siguiendo la presente invención o en el reactor de deposición convencional existente. En este caso, uno o una pluralidad de los primeros elementos de núcleo sin completar C1a se instalan en las correspondientes unidades de electrodo del reactor de deposición, se llevan a calentar después de
 15 suministro de electricidad a través de las unidades de electrodo; a continuación se suministra un gas de material sin procesar en el espacio interno del reactor de deposición para formar adicionalmente la parte restante de la capa de separación C1b en la superficie de los primeros elementos de núcleo sin completar C1a; y finalmente se obtiene un conjunto completo de la primera unidad de núcleo representada por el primer medio de núcleo C1.

En el proceso de formación de la capa de separación C1b que consiste en una sola capa o una pluralidad de capas de acuerdo con la presente invención, un método para formar la capa de separación se puede seleccionar entre un número de métodos de revestimiento bien establecidos tales como: (i) método de deposición física de vapor (incluyendo método de deposición por bombardeo iónico, método de deposición por láser pulsado, método de inyección millones y método de revestimiento iónico, etc.); (ii) método de deposición química de vapor (incluyendo
 25 método de deposición química de vapor a presión normal, método de deposición de vapor de química orgánica metálica, método de deposición química de vapor aumentada por plasma, etc.); (iii) método de revestimiento por pulverización en estado fundido (incluyendo diversos tipos de métodos de pulverización y método de deposición con aerosol); (iv) método de deposición y difusión termorreactiva (incluyendo método de sal en estado fundido y método de polvo); y (v) método de sol-gel y método en solución.

El grosor de la capa de separación individual C1b formada en la superficie del primer elemento de núcleo C1a para formar el primer medio de núcleo C1 de acuerdo con la presente invención depende de factores tales como el tipo o el material del primer elemento de núcleo C1a, la característica de componentes de impurezas, el componente de barrera que constituye la capa de separación y el método para formar la capa de separación, etc. El grosor de la
 35 capa de separación individual puede estar en el intervalo de varios nanómetros (nm) a varios milímetros (mm).

En general, se cree que cuanto mayor es el grosor de la capa de separación, se evita de forma más fiel la difusión de los componentes de impurezas del primer elemento de núcleo C1a a la primera salida de deposición D1. Sin embargo, la capa de separación C1b con un grosor superior a aproximadamente 20 mm podría imponer una carga de coste excesivo y un gradiente de temperatura innecesariamente elevada a lo largo de la capa de separación C1b, lo que hace difícil mantener la temperatura de la superficie de la primera salida de deposición D1 si fuera necesario. Al mismo tiempo, también es posible usar en el presente documento una tecnología avanzada que sea desarrollado recientemente y que se usa para formar una capa atómica o una película delgada con un grosor de varios nanómetros (nm). Una capa fina de este tipo con un grosor de 10 nm o inferior formada con el método sofisticado
 45 también puede evitar la difusión de los componentes de impureza. Sin embargo, teniendo en cuenta la dimensión de un defecto estructural detectado a menudo en la superficie del primer elemento de núcleo C1a y la capa de separación C1b y una dimensión de rugosidad real de la superficie de contacto entre el primer elemento de núcleo y la capa de separación, el grosor de la capa de separación C1b debería ser superior a 10 nm. Por consiguiente, el grosor global de la capa(s) de separación C1b formada en el primer elemento de núcleo C1a del primer medio de
 50 núcleo C1 debería estar preferentemente en el intervalo de 10 nm - 20 mm en la presente invención.

La capa(s) de separación C1b pueden tener cualquiera de una propiedad de conductividad eléctrica o de aislamiento. Esto requiere una consideración cuidadosa de una característica eléctrica de la capa de separación más externa C1b del primer medio de núcleo C1 cuando se conecta y se fija a las correspondientes unidades de electrodo alta conductoras. Si la capa de separación C1b que constituye el primer medio de núcleo C1 tiene una conductividad eléctrica excelente, no importa si el primer elemento de núcleo C1a está en contacto con las unidades de electrodo a través de la capa de separación C1b. Sin embargo, en un caso en el que la capa de separación C1b contiene un componente de barrera con una propiedad de aislamiento eléctrico, la capa de separación no se debería formar en ambos extremos de la primera unidad de núcleo, y de este modo las unidades de electrodo conductoras se ponen en contacto directamente con el primer elemento de núcleo resistivo en lugar de la capa de separación que causa una seria resistencia por contacto.

Durante la migración desde el primer elemento de núcleo C1a a la primera salida de deposición D1, los componentes de impurezas pueden reaccionar y no combinarse con átomos de silicio. Por lo tanto, no importa si la
 65 capa de separación C1b comprende adicionalmente una capa de separación de silicio que contiene silicio como un componente de barrera para constituir el primer medio de núcleo C1. Para evitar que la primera salida de deposición

D1 se contamine con los componentes de impureza, la capa de separación de silicio se puede colocar entre el primer elemento de núcleo C1a y la capa de separación C1b, entre las capas de separación C1b o en la parte más externa de la capa de separación C1b. En este caso, es preferente que el grosor de la capa de silicio añadida esté en el intervalo de $1 \mu\text{m}$ - 10 mm. Si su grosor es inferior a $1 \mu\text{m}$, la barrera que puede evitar una contaminación por impurezas llegar a ser insuficiente. Sin embargo, cuando el grosor es superior a 10 mm, la barrera llega a ser innecesariamente grande y requiere serios sacrificios en diversos aspectos tales como el coste y la productividad del reactor. Con respecto a la capa de separación de silicio C1b que contiene silicio, el componente de barrera, no importa si la capa de separación C1b comprende la capa de separación de silicio C1b que se forma usando el gas de reacción Gf como el gas de material sin procesar. En el presente documento, es necesario optimizar la formación de la capa de separación de silicio C1b en términos de estructura cristalina y la característica de expansión térmica de modo que la salida de deposición de silicio D1 se pueda separar fácilmente de la capa de separación de silicio.

Por consiguiente, parte de la capa(s) de separación o toda la capa(s) de separación C1b del componente de barrera y/o silicio se puede formar en la superficie del primer elemento de núcleo C1a en un reactor de deposición de acuerdo con la presente invención, o en un reactor de deposición convencional existente construido con la técnica anterior. El mismo trabajo también se puede realizar usando un dispositivo de revestimiento especial, un aparato formación de capa fina y otro tipo de reactor.

Independientemente de si la capa de separación se forma en la superficie del elemento de núcleo C1a o no, es preferente realizar un tratamiento térmico a una temperatura en el intervalo de 400 - 3.000 °C para retirar o para convertir químicamente los componentes de impureza residual durante el proceso de preparación de la primera unidad de núcleo usada en la presente invención, antes/después del mecanizado del elemento de núcleo Ca, o antes/después o durante la formación de la capa de separación poco antes de la operación de deposición de silicio. Y, es preferente que el tratamiento térmico de la primera unidad de núcleo o el primer elemento de núcleo se realice a una presión de vacío o en atmósfera gaseosa tal como hidrógeno, nitrógeno, argón o helio y similares. El tratamiento térmico se puede realizar en el reactor de deposición usado en la presente invención, el reactor de deposición convencional existente construido por la técnica anterior, o en dispositivo de tratamiento térmico o de revestimiento especial.

La capa de separación C1b formada en el primer elemento de núcleo C1a de acuerdo con la presente invención no tiene un efecto adverso en el papel del primer medio de núcleo como un medio importante para calentamiento previo del segundo medio de núcleo. De otro modo, la capa de separación C1b puede evitar o interceptar la difusión de los componentes de impureza del primer elemento de núcleo a la salida de deposición de silicio D1 en el proceso de deposición de silicio a una temperatura elevada. Esto conduce a la preparación del silicio policristalino de alta pureza usando los primeros medios de núcleo.

Como se ha descrito anteriormente, una vez que comienza el calentamiento eléctrico de tanto del primer como del segundo medio de núcleo, las salidas de deposición de silicio se forman en una dirección hacia el exterior del medio de núcleo a través de un suministro de gas de reacción. Este proceso de deposición de silicio es sustancialmente el mismo al del reactor de deposición convencional.

Para usar las salidas de silicio policristalino fabricadas de acuerdo con la presente invención como el material de partida para preparar lingote, bloque, lámina o película policristalino o mono cristal y no, no hay necesidad de separar el medio de núcleo y la salida de deposición entre sí para el caso de la segunda salida de deposición formada hacia el exterior en el segundo medio de núcleo C2. Al contrario que en el caso de la segunda salida de deposición, es inevitablemente necesario para el caso de la primera salida de deposición separar el primer elemento de núcleo y/o la capa de separación C1b fuera de la primera salida de deposición D1 formada hacia el exterior en el primer medio de núcleo C1. Siguiendo la presente invención, el primer elemento de núcleo C1a, la capa de separación C1b y la primera salida de deposición D1 son diferentes entre sí del aspecto de una composición, una estructura cristalina o una característica física. Por lo tanto, no es tan difícil separar y recoger la primera salida de deposición D1 del silicio policristalino con forma de varilla obtenido con la presente invención. En un proceso de separación de este tipo, el primer elemento de núcleo C1a o la capa de separación C1b se puede someter a daño o rotura. Sin embargo, si el proceso de formación de la capa de separación se realiza en una condición óptima, es posible recuperar el primer elemento de núcleo C1a y/o la capa de separación C1b como tal y reciclar los hará un uso repetido.

La salida de silicio policristalino preparada con la presente invención se puede procesar en una forma cilíndrica o hexaédrica de acuerdo con el tamaño requerido y a continuación se empaqueta. Además, la salida de silicio policristalino se puede pulverizar a partir de un producto de silicio con forma de trozo, perla, viruta o partícula. Si fuera necesario, el producto se limpia adicionalmente y se seca para retirar los componentes de impurezas fuera de la superficie del mismo contaminado en el proceso de pulverización.

El producto procesado en una forma cilíndrica se puede usar para crecimiento de monocristalino de acuerdo con el método de zona de flotación. El producto pulverizado que tienen formas irregulares y diversos tamaños se puede fundir en un crisol y a continuación darle forma en un artículo con forma de lingote, bloque, lámina o película monocristalino o policristalino.

Las características básicas y el uso de la presente invención se describirán con detalle cómo sigue a continuación, con referencia a las Figs. 2 - 7 que son las listas en plano que muestran de forma esquemática una disposición de la primera unidad de núcleo y la segunda unidad en plano. Sin embargo, la presente invención no se limita a esto.

5 Primera realización

La Fig. 2 es una visión plana que demuestra de forma esquemática una disposición de instalación en la que 8 conjuntos en total de las unidades de núcleo en forma de varilla o de hilo que tienen una sección transversal circular se instalan en el reactor de deposición.

10 En este ejemplo, el primer medio de núcleo C1 consiste en 4 conjuntos de las primeras unidades de núcleo, en el que la primera unidad de núcleo 1A-1, 1A-2, 1B-1 y 1B-2 se dividen en dos grupos de primer núcleo, las unidades de núcleo 1A-1 y 1A-2 se denominan primer grupo de núcleo A, y las unidades de núcleo 1B-1 y 1B-2 se denominan primer grupo de núcleo B.

15 Por otro lado, el segundo medio de núcleo C2 también consiste en 4 conjuntos de las segundas unidades de núcleo, en el que las segundas unidades de núcleo 2A-1, 2A-2, 2B-1 y 2B-2 se dividen en dos segundos grupos de núcleo, las unidades de núcleo 2A-1 y 2A-2 se denominan segundo grupo de núcleo A, y las unidades de núcleo 2B-1 y 2B-2 se denominan segundo grupo de núcleo B.

20 Las unidades de electrodo que corresponden a las unidades de núcleo que constituyen cada uno de los grupos de núcleo se conectan entre sí en serie y los grupos de núcleo que constituyen cada uno del medio de núcleo se conectan entre sí en paralelo. Por lo tanto, el sistema de suministro de energía eléctrica está constituido de modo tal que los correspondientes medios de núcleo C1, C2 se conectan eléctricamente a las fuentes de suministro de energía eléctrica V1, V2, respectivamente.

25 Para hacer funcionar el reactor de deposición constituido como se ha descrito anteriormente, la energía eléctrica se suministra al primer medio de calentamiento eléctrico que consiste en el primer medio de núcleo C1 y el primer medio de electrodo E1 que corresponde a las primeras unidades de núcleo, la energía eléctrica fluye a lo largo de la ruta de 1A-1 → 1A-1' → 1A-2 → 1A-2' en el primer grupo de núcleo A, y la energía eléctrica también fluye a lo largo de la ruta de 1B-1 → 1B-1' → 1B-2 → 1B-2'. Una vez que el primer medio de núcleo C1 comienza a calentarse eléctricamente, las segundas unidades de núcleo colocadas alrededor de las primeras unidades de núcleo adyacentes comienzan a calentarse previamente de forma natural de ese modo.

30 Como se ilustra en la Fig. 2, excluyendo un espacio requerido para instalar boquillas de gas usadas para suministrar su ministro y gas de escape, los grupos de núcleo y las unidades de núcleo se colocan en un espacio de modo que el calentamiento previo del segundo medio de núcleo C2 se puede realizar de la forma más eficaz con el primer medio de núcleo C1 que se está calentando eléctricamente. Es decir, los grupos de núcleo y las unidades de núcleo se colocan de modo que la segunda unidad de núcleo 2A-1 puede calentar previamente de forma fácil la primera unidad de núcleo 1B-1 y 1B-2, la segunda unidad de núcleo 2B-1 se puede calentar previamente de forma fácil con la primera unidad de núcleo 1A-1 y 1A-2, la segunda unidad de núcleo 2A-2 se puede calentar previamente de forma fácil con la primera unidad de núcleo 1A-1 y 1B-1, y la segunda unidad de núcleo 2B-2 se puede calentar previamente de forma fácil con la primera unidad de núcleo 1A-2 y 1B-2.

35 Cuando se está calentando previamente a una temperatura tan elevada como sea posible a una temperatura en el intervalo de 350 - 1.000 °C, el segundo medio de núcleo C2 está listo para un calentamiento eléctrico bajo un voltaje moderado. Una vez que un calentamiento eléctrico del segundo grupo de núcleo A y el segundo grupo de núcleo B comienza, la energía eléctrica fluye a lo largo de la ruta de 2A-1 → 2A-1' → 2A-2 → 2A-2' y la ruta de 2B-1 → 2B-1' → 2B-2 → 2B-2', respectivamente. Las temperaturas de dos medios de núcleo C1 y C2 se pueden mantener en el intervalo de temperatura de reacción requerido controlando el suministro de energía eléctrica a cada medio de núcleo o a cada grupo de núcleo.

40 De acuerdo con el proceso de deposición satisfactorio, las varillas de silicio se forman en dos medios de núcleo C1, C2, y la Fig. 2 muestra una forma transversal de las correspondientes salidas de deposición, usadas a modo de ejemplo solamente para dos unidades de núcleo, en el momento en el que el tamaño de una salida de varilla de silicio consigue un valor objetivo y la reacción de deposición en la primera salida de deposición D1 y la segunda salida de deposición D2 se termina.

45 En el presente documento, como se ilustra en la figura, los medios, grupos, unidades de núcleo y los correspondientes medios, grupos y unidades de electrodo requieren su disposición en posiciones óptimas de modo que el calentamiento previo del segundo medio de núcleo C2 se puede realizar de forma eficaz en cualquier posición en el espacio interno del reactor, se puede hacer que las salidas de deposición de silicio D1, D2 crezcan de forma uniforme hasta una dimensión objetivo, y de ese modo, la productividad del reactor se puede maximizar.

Segunda Realización

La Fig. 3 es una vista plana que muestra de forma esquemática otra disposición de instalación en la que 8 conjuntos en total de las unidades de núcleo en forma de varilla o de hilo que tienen una sección transversal circular se instalan en el reactor de deposición, y el número de la primera unidad de núcleo se diferencia del de las segundas unidades de núcleo.

En este ejemplo, el primer medio de núcleo C1 consiste en 3 conjuntos de las primeras unidades de en el que, la primera unidad de núcleo 1A-1 a 1A-3 se colocan como un solo grupo de núcleo.

Por otro lado, el segundo medio de núcleo C2 consiste en 5 conjuntos de las segundas unidades de núcleo, en el que las segundas unidades de núcleo 2A-1 a 2A-5 Tania se colocan como un solo grupo de núcleo.

Las unidades de electrodo que corresponden a las unidades de núcleo para cada uno de los medios de núcleo C1, C2 se conectan eléctricamente entre sí en serie, e independientemente se conectan a las correspondientes fuentes de suministro de energía eléctrica V1, V2, respectivamente, para constituir el sistema de suministro de energía eléctrica.

Para hacer funcionar el reactor de deposición constituido como se ha descrito anteriormente, la energía eléctrica se suministra al primer medio de calentamiento eléctrico que consiste en el primer medio de núcleo C1 y el medio de electrodo E1 que corresponde a las primeras unidades de núcleo, la energía eléctrica fluye a lo largo de la ruta de 1A-1 → 1A-1' → 1A-2 → 1A-2' → 1A-3 → 1A-3'. Una vez que el primer medio de núcleo C1 comienza a calentarse eléctricamente, las segundas unidades de núcleo colocadas alrededor de las primeras unidades de núcleo adyacentes comienzan a calentarse previamente de forma natural de este modo.

Como se ilustra en la Fig. 3, excluyendo un espacio requerido para instalar boquillas de gas usadas para suministrar su ministro y gas de escape, los grupos de núcleo y las unidades de núcleo se colocan en un espacio de modo que el calentamiento previo del segundo medio de núcleo C2 se puede realizar de la forma más eficaz con el primer medio de núcleo C1 que se está calentando eléctricamente. Es decir, los grupos de núcleo y las unidades de núcleo se colocan de modo que la segunda unidad de núcleo 2A-1 principalmente se puede calentar previamente con la primera unidad de núcleo 1A-2 y 1A-3, la segunda unidad de núcleo 2A-2 principalmente se puede calentar previamente con la primera unidad de núcleo 1A-3, la segunda unidad de núcleo 2A-3 principalmente se puede calentar previamente con la primera unidad de núcleo 1A-1 y 1A-3, la segunda unidad de núcleo 2A-4 principalmente se puede calentar previamente con la primera unidad de núcleo 1A-1, y la segunda unidad de núcleo 2A-5 principalmente se pueden calentar previamente con la primera unidad de núcleo 1A-1 y 1A-2.

Cuando se está calentando previamente a una temperatura tan elevada como sea posible a una temperatura en el intervalo de 350-1.000 °C, el segundo medio de núcleo C2 está listo para un calentamiento eléctrico bajo un voltaje moderado. Una vez que un calentamiento eléctrico del segundo medio de núcleo C2 comienza, la energía eléctrica fluye a lo largo de la ruta de 2A-1 → 2A-1' → 2A-2 → 2A-2' → 2A-3 → 2A-3' → 2A-4 → 2A-4' → 2A-5 → 2A-5' en el segundo medio de núcleo C2. Las temperaturas de dos medios de núcleo C1 y C2 se pueden mantener en el intervalo de temperatura de reacción requerido controlando un suministro de energía eléctrica a cada medio de núcleo.

Como se ha descrito anteriormente, aunque el número de la primera unidad de núcleo se diferencia del de las segundas unidades de núcleo, el calentamiento previo del segundo medio de núcleo C2 se puede realizar de forma eficaz en cualquier posición en el espacio interno del reactor, y de ese modo, un calentamiento eléctrico del segundo medio de núcleo C2 se puede iniciar fácilmente. Además, el suministro de un gas de reacción Gf con las temperaturas de los dos medios de núcleo C1 y C2 siendo mantenidas en el intervalo de temperatura de reacción requerido mediante el control del suministro de energía eléctrica a cada medio de núcleo, se puede hacer que las salidas de deposición de silicio D1, D2 crezcan de forma uniforme hasta una dimensión objetivo, y de ese modo, la productividad del reactor se puede maximizar.

Tercera Realización

La Fig. 4 es una vista plana que muestra de forma esquemática un caso en el que 12 conjuntos en total de las unidades de núcleo se instalan en el reactor de deposición, y los medios de núcleo C1, C2 consiste en diferentes números de grupos de núcleo y unidades de núcleo entre sí.

En esta realización, el primer medio de núcleo C1 consiste en 4 conjuntos de las primeras unidades de núcleo con forma de varilla que tienen una sección transversal circular, en el que la primera unidad de núcleo 1A-1 a 1A-4 se coloca como un solo grupo de núcleo.

Por otro lado, el segundo medio de núcleo C2 consiste en 8 conjuntos de las segundas unidades de núcleo, que se clasifican en dos segundos grupos de núcleo: el segundo grupo de núcleo A que consiste en las unidades de núcleo con forma de varilla 2A-1, 2A-2, 2A-3 y 2A-4 que tienen una sección transversal circular; y el segundo grupo de

núcleo B que consiste en las unidades de núcleo con forma de varilla o de cinta 2B-1, 2B-2, 2B-3 y 2B-4 que tienen una sección transversal rectangular.

5 Las unidades de electrodo que corresponden a las unidades de núcleo que constituyen cada uno de los grupos de núcleo se conectan entre sí en serie y el segundo grupo de núcleo A y el segundo grupo de núcleo B se conectan entre sí en paralelo, y de ese modo se constituye el sistema de suministro de energía eléctrica de modo que los correspondientes medios de núcleo C1, C2 se conectan eléctricamente a las fuentes de suministro de energía eléctrica V1, V2, respectivamente.

10 Para hacer funcionar el reactor de deposición constituido como se ha descrito anteriormente, la energía eléctrica se suministra al primer medio de calentamiento eléctrico que consiste en el primer medio de núcleo C1 y el primer medio de electrodo E1 que corresponde a cada una de las primeras unidades de núcleo, la energía eléctrica fluye a lo largo de la ruta de 1A-1 → 1A-1' → 1A-2 → 1A-2' → 1A-3 → 1A-3' → 1A-4 → 1A-4', y de ese modo el primer medio de núcleo C1 comienza a calentarse eléctricamente y las segundas unidades de núcleo colocadas alrededor de las primeras unidades de núcleo adyacentes comienzan a calentarse previamente de forma natural de ese modo.

15 Como se ilustra en la Fig. 4, excluyendo un espacio requerido para instalar boquillas de gas usadas para suministrar su ministro y gas de escape, los grupos de núcleo y las unidades de núcleo se colocan de una manera simétrica de forma bilateral/vertical de modo que el calentamiento previo del segundo medio de núcleo C2 se puede realizar de la forma más eficaz con el primer medio de núcleo C1 que se está calentando eléctricamente. Por ejemplo, los grupos de núcleo y las unidades de núcleo se colocan de modo que la segunda unidad de núcleo 2A-1 principalmente se pueden calentar previamente con la primera unidad de núcleo 1A-2, la segunda unidad de núcleo 2A-2 principalmente se pueden calentar previamente con la primera unidad de núcleo 1A-1, 1A-2 y 1A-3, la segunda unidad de núcleo 2B-2 principalmente se pueden calentar previamente con la primera unidad de núcleo 1A-2 y 1B-3 y la segunda unidad de núcleo 2B-1 principalmente se pueden calentar previamente con la primera unidad de núcleo 1A-3 y 1A-4.

20 Cuando se está calentando previamente a una temperatura tan elevada como sea posible a una temperatura en el intervalo de 350 - 1.000 °C, el segundo medio de núcleo C2 está listo para un calentamiento eléctrico bajo un voltaje moderado. Una vez que comienza un calentamiento eléctrico de los segundos grupos de núcleo A y B, la energía eléctrica fluye a lo largo de la ruta de 2A-1 → 2A-1' → 2A-2 → 2A-2' → 2A-3 → 2A-3' → 2A-4 → 2A-4' y a lo largo de la ruta de 2B-1 → 2B-1' → 2B-2 → 2B-2' → 2B-3 → 2B-3' → 2B-4 → 2B-4', respectivamente. Las temperaturas de dos medios de núcleo C1 y C2 se pueden mantener en el intervalo de temperatura de reacción requerido controlando el suministro de energía eléctrica a cada medio de núcleo o a cada grupo de núcleo.

25 En este momento, aunque es permisible calentar eléctricamente el segundo grupo de núcleo A y el segundo grupo de núcleo B de forma simultánea, no importa si un calentamiento eléctrico del segundo grupo de núcleo A comienza primero, si su calentamiento previo se consigue más rápidamente. Entonces, el calentamiento previo del segundo grupo de núcleo B se puede acelerar con el primer medio de núcleo y el segundo grupo de núcleo A, que se están calentando eléctricamente calentado con anterioridad. De ese modo, el calentamiento eléctrico del segundo grupo de núcleo B se puede iniciar con anterioridad.

30 De acuerdo con el proceso de deposición satisfactorio, en el que las varillas de silicio se forman en dos medios de núcleo C1, C2, la Fig. 4 muestra una transversal de las correspondientes salidas de deposición, usadas a modo de ejemplo solamente para tres unidades de núcleo, en el momento en el que el tamaño de una salida de varilla de silicio alcanza un valor objetivo, y la reacción de deposición en la primera salida de deposición D1 y la segunda salida de deposición D2 termina.

35 Como se ha descrito anteriormente, aunque los respectivos números de los grupos de núcleo y unidades de núcleo que constituyen los medios de núcleo C1, C2 y las secciones transversales de los respectivos elementos de núcleo son diferentes entre sí, el calentamiento previo del segundo medio de núcleo C2 se puede realizar de forma eficaz en cualquier posición en el espacio interno del reactor, y de ese modo el calentamiento eléctrico se puede iniciar de forma simultánea o en secuencia. A través del proceso de calentamiento previo, se puede hacer que las salidas de deposición de silicio D1, D2 crezcan de forma uniforme hasta una dimensión objetivo, y de ese modo, la productividad del reactor se puede maximizar.

Cuarta Realización

40 La Fig. 5 es una vista plana que muestra de forma esquemática un caso, en el que 16 conjuntos de las unidades de núcleo que tienen una sección transversal circular se instalan en el reactor de deposición, y los medios de núcleo C1, C2 consiste en un número diferente de grupos de núcleo y unidades de núcleo entre sí.

45 En esta realización, el primer medio de núcleo C1 consiste en 4 conjuntos de las primeras unidades de núcleo con forma de varilla, en el que la primera unidad de núcleo 1A-1 a 1A-4 se coloca como un solo grupo de núcleo.

65

Por otro lado, el segundo medio de núcleo C2 consiste en 12 conjuntos de las segundas unidades de núcleo con forma de varilla, que se clasifican en dos segundos grupos de núcleo: el segundo grupo de núcleo A que consiste en las unidades de núcleo 2A-1, 2A-2, 2A-3, 2A-4, 2A-5 y 2A-6; y el segundo grupo de núcleo B que consiste en las unidades de núcleo 2B-1, 2B-2, 2B-3, 2B-4, 2B-5 y 2B-6.

5 Las unidades de electrodo que corresponden a las unidades de núcleo que constituyen cada uno de los grupos de núcleo se conectan entre sí en serie, y el segundo grupo de núcleo A y el segundo grupo de núcleo B se conectan entre sí en paralelo, y de este modo el sistema de suministro de energía eléctrica se constituye de modo que los correspondientes medios de núcleo C1, C2 se conectan eléctricamente a las fuentes de suministro de energía eléctrica V1, V2, respectivamente.

15 Para hacer funcionar el reactor de deposición constituido como se ha descrito anteriormente, una vez que la energía eléctrica se suministra al primer medio de calentamiento eléctrico que consiste en el primer medio de núcleo C1 y el medio de electrodos E1 que corresponde a cada una de las primeras unidades de núcleo, la energía eléctrica fluye a lo largo de la ruta de 1A-1 → 1A-1' → 1A-2 → 1A-2' → 1A-3 → 1A-3' → 1A-4 → 1A-4', y de ese modo el primer medio de núcleo C1 comienza a calentarse eléctricamente y las segundas unidades de núcleo colocadas alrededor de las primeras unidades de núcleo adyacentes comienzan a calentarse previamente de forma natural de ese modo.

20 Como se ilustra en la Fig. 5, excluyendo un espacio requerido para instalar boquillas de gas usadas para suministrar su ministro y gas de escape, los grupos de núcleo y las unidades de núcleo se colocan de una manera simétrica de forma bilateral/vertical de modo que el calentamiento previo del segundo medio de núcleo C2 se puede realizar de forma eficaz con el primer medio de núcleo C1 que se está calentando eléctricamente. Sin embargo, en comparación con el segundo grupo de núcleo B, la disposición de la instalación es menos beneficiosa para el segundo grupo de núcleo A con respecto al calentamiento previo con el primer medio de núcleo C1. Por ejemplo, las unidades de núcleo del segundo grupo de núcleo B se colocan en paralelo con la primera unidad de núcleo en paralelo, siendo calentada previamente de forma fácil mediante un par adyacente de secciones verticales de las respectivas primeras unidades de núcleo que se calientan eléctricamente con anterioridad. Sin embargo, las unidades de núcleo del segundo grupo de núcleo A se colocan en cierto modo perpendiculares a y se colocan de forma más alejada desde la primera unidad de núcleo de modo que el calentamiento previo de estas unidades de núcleo se podría atrasar más.

35 Cuando se está calentando previamente a una temperatura tan elevada como sea posible a una temperatura en el intervalo de 350 - 1.000 °C, el segundo grupo de núcleo B está listo para un calentamiento eléctrico bajo un voltaje moderado. Una vez que un calentamiento eléctrico of el segundo grupo de núcleo B comienza, la energía eléctrica fluye a lo largo de la ruta de 2B-1 → 2B-1' → 2B-2 → 2B-2' → 2B-3 → 2B-3' → 2B-4 → 2B-4' → 2B-5 → 2B-5' → 2B-6 → 2B-6'. En este caso las unidades de núcleo del segundo grupo A se calientan previamente no solamente con las primeras unidades de núcleo adyacentes sino también con las segundas unidades de núcleo adyacentes que constituyen el segundo grupo de núcleo B, y de ese modo el calentamiento previo del segundo grupo A se puede completar más rápidamente y su calentamiento eléctrico se puede comenzar con anterioridad.

40 Como se ha descrito anteriormente, después de que todas las unidades de núcleo en el reactor de deposición comiencen a calentarse eléctricamente en secuencia, las temperaturas de los dos medios de núcleo C1, C2 se pueden mantener en el intervalo de temperatura de reacción requerido controlando el suministro de energía eléctrica a cada medio de núcleo o a cada grupo de núcleo.

45 Aunque el número de las primeras unidades de núcleo y las segundas unidades de núcleo se diferencia entre sí y los segundos grupos de núcleos se colocan en un entorno de calentamiento previo diferente como se ha descrito anteriormente, el calentamiento eléctrico del segundo medio de núcleo C2 puede comenzar en secuencia. Además, mediante el suministro de un gas de reacción Gf con las temperaturas de los dos medios de núcleo C1 y C2 siendo mantenidas en el intervalo de temperatura de reacción requerido mediante el control del suministro de energía eléctrica a cada medio de núcleo, se puede hacer que las salidas de deposición de silicio D1, D2 crezcan de forma uniforme hasta una dimensión objetivo, y de ese modo, la productividad del reactor se puede maximizar.

55 Quinta Realización

La Fig. 6 es una vista plana que muestra de forma esquemática un caso, en el que 12 conjuntos en total de las unidades de núcleo se instalan en el reactor de deposición, y los medios de núcleo C1, C2 constan de diferentes formas de sección transversal y diferentes números de unidades de núcleo entre sí.

60 En esta realización, el primer medio de núcleo C1 consiste en 4 conjuntos de las primeras unidades del núcleo con forma de conducto o de tubo que tienen una sección transversal rectangular concéntrica (hueca), en el que la primera unidad de núcleo 1A-1 a 1A-4 se coloca como un solo grupo de núcleo.

65 Por otro lado, el segundo medio de núcleo C2 consiste en 8 conjuntos de las segundas unidades del núcleo con forma de intra o banda que tienen una sección transversal rectangular, en el que las segundas unidades de núcleo 2A-1 a 2A-8 también se colocan como un solo grupo de núcleo.

Las unidades de electrodo que corresponden a las unidades de núcleo que constituyen cada una de los medios de núcleo C1, C2 se conectan entre sí en serie, y de ese modo se constituye el sistema de suministro de energía eléctrica de modo que los medios de núcleo C1, C2 correspondientes se conectan eléctricamente a las fuentes de suministro de energía eléctrica V1, V2, respectivamente.

5 Para hacer funcionar el reactor de deposición constituido como se ha descrito anteriormente, la energía eléctrica se suministra al primer medio de calentamiento eléctrico que consiste en el primer medio de núcleo C1 y el medio de electrodo E1 que corresponde a cada una de las primeras unidades de núcleo, la energía eléctrica fluye a lo largo de la ruta de 1A-1 → 1A-1' → 1A-2 → 1A-2' → 1A-3 → 1A-3' → 1A-4 → 1A-4', y de ese modo el primer medio de núcleo
10 C1 comienza a calentarse eléctricamente y las segundas unidades de núcleo colocadas alrededor de las primeras unidades de núcleo adyacentes comienzan a calentarse de forma natural de ese modo.

Como se ilustra en la Fig. 6, excluyendo un espacio requerido para instalar boquillas de gas usadas para suministrar su ministro y gas de escape, los grupos de núcleo y las unidades de núcleo se colocan de una manera simétrica de forma bilateral/vertical de modo que el calentamiento previo del segundo medio de núcleo C2 se puede realizar de la forma más eficaz con el primer medio de núcleo C1 que se está calentando eléctricamente. Por ejemplo, las segundas unidades de núcleo 2A-1 y 2A-2 principalmente se pueden calentar previamente mediante una parte adyacente de la primera unidad de núcleo 1A-1 y 1A-4 y las de la primera unidad de núcleo 1A-1, respectivamente.

20 Cuando se está calentando previamente a una temperatura tan elevada como sea posible a una temperatura en el intervalo de 350 - 1.000 °C, el segundo medio de núcleo C2 está listo para un calentamiento eléctrico bajo un voltaje moderado. Una vez que un calentamiento eléctrico del segundo medio de núcleo C2 comienza, la energía eléctrica fluye a través de las unidades de núcleo 2A-1 a 2A-7 en orden, y las temperaturas de dos medios de núcleo C1 y C2 se pueden mantener en el intervalo de temperatura de reacción requerido controlando el suministro de energía eléctrica de cada medio de núcleo.
25

De acuerdo con el proceso de deposición satisfactorio, se obtienen dos varillas de silicio con diferentes dimensiones, en las que se forman las salidas de deposición D1, D2 con un grosor similar en dos medios de núcleo C1, C2, respectivamente. La Fig. 6 ilustra las formas transversales de las salidas de deposición en el momento en el que el tamaño de una salida de varilla de silicio alcanza un valor objetivo y la reacción de deposición termina.

Como se ha descrito anteriormente, aunque el número y las formas transversales de la primera unidad de núcleo y las segundas unidades de núcleo se diferencian entre sí, el calentamiento previo del segundo medio de núcleo C2 se realiza de forma eficaz en cualquier posición en el espacio interno del reactor, y de este modo el calentamiento eléctrico del segundo medio de núcleo C2 también puede comenzar. Además, al suministrar un gas de reacción Gf con las temperaturas de los dos medios de núcleo C1 y C2 siendo mantenidas en el intervalo de temperatura de reacción requerido mediante el control del suministro de energía eléctrica a cada medio de núcleo, se puede hacer que las salidas de deposición de silicio D1, D2 crezcan de forma uniforme hasta una dimensión objetivo, y de ese modo, la productividad del reactor se puede maximizar.

40 Sexta Realización

La Fig. 7 es el primer cuadrante de una visión plana cuando 36 grupos en total de unidades de núcleo que tienen una sección transversal circular idéntica se instalan en el reactor de deposición que tiene un diámetro superior al del reactor ilustrado en la Fig. 5. En el presente documento, los medios de núcleo C1, C2 respectivamente consisten en los grupos de núcleo y las unidades de núcleo que se diferencian entre sí en su número.

En este reactor, el primer medio de núcleo C1 consiste en 16 conjuntos de primeras unidades de núcleo con forma de varilla, en el que las primeras unidades de núcleo se clasifican en dos primeros grupos de núcleo: el primer grupo de núcleo A que consiste en las unidades de núcleo 1A-1 a 1A-8; y el primer grupo de núcleo B que consiste en las unidades de núcleo 1B-1 a 1B-8. La Fig. 7 ilustra solamente la cuarta parte de las unidades de núcleo comprendidas en el primer grupo de núcleo A que corresponde al primer cuadrante.

Por otro lado, el segundo medio de núcleo C2 consiste en 20 conjuntos de las segundas unidades de núcleo con forma de varilla, en el que las segundas unidades de núcleo se clasifican en cuatro segundos grupos de núcleo: el segundo grupo de núcleo A1 que consiste en las unidades de núcleo 2A-1 a 2A-4; el segundo grupo de núcleo A2 que consiste en las unidades de núcleo 2A-5 a 2A-8; el segundo grupo de núcleo B1 que consiste en las unidades de núcleo 2B-1 a 2B-6; y el segundo grupo de núcleo B2 que consiste en las unidades de núcleo 2B-7 a 2B-12. La Fig. 7 ilustra solamente la cuarta parte de las unidades de núcleo comprendida en el segundo grupo de núcleo A1 y el segundo grupo de núcleo B1 que corresponde al primer cuadrante.
60

Las unidades de electrodo que corresponden a las unidades de núcleo que constituyen cada uno de los grupos de núcleo se conectan entre sí en serie, y los primeros grupos de núcleo A y B y el segundo grupo de núcleo A1, A2, B1 y B2 se conectan entre sí en paralelo, y de este modo se forma el sistema de suministro de energía eléctrica de modo que los medios de núcleo C1, C2 correspondientes se conectan eléctricamente a las fuentes de suministro de energía eléctrica V1, V2, respectivamente.
65

5 Para hacer funcionar el reactor de deposición constituido como se ha descrito anteriormente, la energía eléctrica se suministra al primer medio de calentamiento eléctrico que consiste en el primer medio de núcleo C1 y el medio de electrodos E1 que corresponde a cada primera unidad núcleo, la energía eléctrica fluye a lo largo de la ruta de 1A-1 a 1A-8 en el primer grupo de núcleo A y también fluye a lo largo de la ruta de 1B-1 a 1B-8 en el primer grupo de núcleo B y por lo tanto el primer medio de núcleo C1 comienza a calentarse eléctricamente y las segundas unidades de núcleo colocadas alrededor de las primeras unidades de núcleo adyacentes comienzan a calentarse previamente de forma natural de ese modo.

10 En el presente documento, el calentamiento eléctrico del primer medio de núcleo C1 puede comenzar ya sea de una manera simultánea o en secuencia de acuerdo con los primeros grupos de núcleo.

15 Como se ilustra en la Fig. 7, excluyendo un espacio requerido para instalar boquillas de gas usadas para suministrar su ministro y gas de escape, los grupos de núcleo y las unidades de núcleo se colocan de una manera simétrica de forma bilateral/vertical de modo que el calentamiento previo del segundo medio de núcleo C2 se puede realizar de la forma más eficaz con el primer medio de núcleo C1 que se calienta eléctricamente. Sin embargo, en comparación con los segundos grupos de núcleo B1 y B2, la disposición de la instalación es menos beneficiosa para los segundos grupos de núcleo A1 y A2 con respecto al calentamiento previo por el primer medio de núcleo C1. Por ejemplo, las segundas unidades de núcleo tales como 2B-2 o 2B-3 que constituyen los segundos grupos de núcleo B1 y B2 se colocan adyacentes a y en paralelo con la primera unidad de núcleo que se calienta eléctricamente con anterioridad.

20 Sin embargo, aunque las unidades de núcleo que constituyen los segundos grupos de núcleo A1 y A2 se colocan adyacentes a la primera unidad de núcleo, estas unidades de núcleo se colocan de modo que se calientan previamente con más dificultad que los segundos grupos de núcleo B1 y B2, y de este modo el calentamiento previo de los segundos grupos de núcleo A1 y A2 en cierto modo puede ser un poco más retardado que el de los segundos grupos de núcleo B1 y B2.

25 Cuando los segundos grupos de núcleo B1 y B2 se calientan previamente a una temperatura elevada sea posible en el intervalo de temperatura de 350 - 1.000 °C, estos segundos grupos de núcleo llegan a estar listos para un calentamiento eléctrico bajo un voltaje moderado. Después de comenzar el suministro de electricidad a los miembros, la energía eléctrica fluye en los grupos correspondientes a lo largo de la ruta de las segundas unidades de núcleo 2B-1 a 2B-6 en orden, y también fluye a lo largo de otra ruta de las segundas unidades de núcleo 2B-7 a 2B-12 en orden. A continuación, el calentamiento previo de los segundos grupos de núcleo A1 y A2 se puede acelerar por la contribución de las segundas unidades de núcleo adyacentes que constituyen los segundos grupos de núcleo B1 y B2 además de las primeras unidades de núcleo cercanas. De acuerdo con el esquema de calentamiento secuencial, el calentamiento previo de los segundos grupos de núcleo A1 y A2 se puede completar más rápidamente, y el comienzo del calentamiento eléctrico se puede acelerar de ese modo. Después de comenzar el suministro de electricidad por los mismos, la energía eléctrica fluye en los grupos correspondientes a lo largo de la ruta de las segundas unidades de núcleo 2A-1 a 2A-4 en orden y también fluye a lo largo de otra ruta de las segundas unidades de núcleo 2A-5 a 2A-8 en orden.

40 Como se ha descrito anteriormente, después de que todas las unidades de núcleo en el reactor de deposición comiencen a calentarse eléctricamente en secuencia, las temperaturas de los dos medios de núcleo C1, C2 se pueden mantener en el intervalo de temperatura de reacción requerido controlando el suministro de energía eléctrica a cada medio de núcleo o a cada grupo de núcleo.

45 Si el grado de calentamiento previo no es evidente entre los algunos grupos en el proceso de calentamiento previo, todo el segundo medio de núcleo C2, es decir, el calentamiento eléctrico de todos los segundos grupos de núcleo puede comenzar al mismo tiempo.

50 Aunque el número de la primera unidad de núcleo y las segundas unidades de núcleo se diferencian entre sí y los segundos grupos de núcleo se colocan en un entorno de calentamiento previo diferente como se ha descrito anteriormente, el calentamiento eléctrico del segundo medio de núcleo C2 puede comenzar en secuencia. Además, mediante el suministro de un gas de reacción Gf con las temperaturas de los dos medios de núcleo C1 y C2 siendo mantenidas en el intervalo de temperatura de reacción requerido mediante el control del suministro de energía eléctrica a cada medio de núcleo, se puede hacer que las salidas de deposición de silicio D1, D2 crezcan de forma uniforme hasta una dimensión objetivo, con lo que se maximiza la productividad del reactor.

Séptima realización

60 Las Figs. 8 - 12 son vistas ilustrativas que de forma esquemática muestran los estados en los que se forma la salida de deposición de silicio D1 de acuerdo con la presente invención; estas figuras muestran de forma esquemática vistas en sección transversal (a) y vistas en sección longitudinal (b) que se pueden observar cortando las salidas de varilla de silicio en las direcciones de diámetro y longitud, respectivamente.

65 Como se muestra en cada figura, las capas de separación C1b, C1b', C1b" se forman en la superficie del primer elemento de núcleo C1a, con lo que se constituye la primera unidad de núcleo. La salida de deposición de silicio D1 se forma hacia el exterior en la superficie de la primera unidad de núcleo de modo que se fabrica la salida de varilla

de silicio.

La Fig. 8 muestra vistas ilustrativas que muestran de forma esquemática una sección transversal (a) y una sección longitudinal (b) de la varilla de silicio en el transcurso de la formación de la salida de deposición de silicio hacia el exterior en la superficie de la primera unidad de núcleo constituida por formación de una capa de separación en la superficie del primer elemento de núcleo con forma de varilla que tiene una sección transversal circular;

La Fig. 9 muestra vistas ilustrativas que muestran de forma esquemática una sección transversal (a) y una sección longitudinal (b) de la varilla de silicio en el proceso de formación de la salida de deposición de silicio hacia el exterior en la superficie de la primera unidad de núcleo constituida por formación de dos tipos de capas de separación en la superficie del primer elemento de núcleo con forma de varilla que tiene una sección transversal circular;

La Fig. 10 muestra vistas ilustrativas que muestran de forma esquemática una sección transversal (a) y una sección longitudinal (b) de la varilla de silicio en el transcurso de la formación de la salida de deposición de silicio hacia el exterior en la superficie de la primera unidad de núcleo constituida por formación de dos tipos de capas de separación en la superficie del primer elemento del núcleo con forma de conducto o con forma de tubo que tiene una sección transversal rectangular concéntrica, hueca;

La Fig. 11 muestra vistas ilustrativas que muestran de forma esquemática una sección transversal (a) y una sección longitudinal (b) de la varilla de silicio en el proceso de formación de la salida de deposición de silicio hacia el exterior en la superficie de la primera unidad de núcleo constituida por formación tres tipos de las capas de separación en la superficie del primer elemento de núcleo con forma de varilla que tiene una sección transversal circular; y

La Fig. 12 muestra vistas ilustrativas que muestran de forma esquemática una sección transversal (a) y una sección longitudinal (b) de la varilla de silicio en el transcurso de la formación de la salida de deposición de silicio hacia el exterior en la superficie de la primera unidad de núcleo constituida por formación de dos tipos de capas de separación en la superficie del primer elemento de núcleo con forma de banda (o cinta) que tiene una sección transversal rectangular.

El procedimiento y métodos para constituir el primer medio de núcleo formando una o una pluralidad de capas de separación C1b, C1b', C1b" en la superficie del primer elemento de núcleo C1a, como se muestra en las figuras, son los mismos como se ha descrito anteriormente en el presente documento con detalle.

Aplicabilidad industrial

Como se ha descrito anteriormente, el método y el aparato para preparar la varilla de silicio policristalino de acuerdo con la presente invención tiene las ventajas que siguen a continuación:

1) A diferencia del proceso convencional en campana de vidrio, el segundo medio de núcleo formado por material de silicio de alta pureza se calienta previamente con el primer medio de núcleo que está formado por un material resistivo y que se calienta eléctricamente con anterioridad, y de este modo un calentamiento eléctrico del segundo medio de núcleo se puede realizar fácil y rápidamente sin un medio de calentamiento previo separado, un aparato de suministro eléctrico caro y complicado o un procedimiento de calentamiento previo complicado.

2) Considerando que un equipo de suministro eléctrico y de control desempeñan los papeles más importantes en el proceso de deposición de tipo campana de vidrio convencional y que la carga económica se atribuye principalmente al coste del calentamiento previo del medio de núcleo de silicio, la presente invención tiene la ventaja de reducir en gran medida los costes de inversión para el equipo del proceso de deposición y el coste de producción para la preparación del silicio policristalino con forma de varilla.

3) De acuerdo con la presente invención, la salida de deposición de silicio está formada de manera idéntica en una dirección hacia el exterior no solamente en la superficie del segundo medio de núcleo, sino también en la superficie del primer medio de núcleo que sirve como un medio de calentamiento previo del segundo medio de núcleo, y de este modo un problema de calentamiento previo del medio de núcleo se puede resolver sin disminuir la capacidad de producción del reactor de deposición.

4) El método de la presente invención puede resolver fácil y rápidamente el problema de calentamiento previo del medio de núcleo de silicio en un reactor de deposición recién diseñado así como un reactor de deposición convencional, teniendo de este modo un alcance extendido de su uso en la fabricación de silicio policristalino con forma de varilla.

5) Dado que se usan dos medios de núcleo con una calidad del material diferente en el reactor de deposición con la presente invención, es posible fabricar forma simultánea dos calidades diferentes de productos de silicio policristalino para su uso tanto en celdas solares como en los dispositivos semiconductores.

6) La capa de separación formada en la superficie del primer elemento de núcleo de acuerdo con la presente invención puede inhibir o impedir la difusión de componentes de impurezas desde el primer elemento de núcleo a la salida de deposición, y de este modo es posible fabricar las salidas de silicio policristalino de alta pureza incluso usando el primer medio de núcleo que no es de silicio.

REIVINDICACIONES

1. Un método para preparar una varilla de silicio policristalino usando un medio de núcleo mixto, que comprende:

- 5 (a) instalar un primer medio de núcleo formado por un material resistivo junto con un segundo medio de núcleo formado por un material de silicio en un espacio interno de un reactor de deposición;
- (b) calentar eléctricamente el primer medio de núcleo y calentar previamente el segundo medio de núcleo con el primer medio de núcleo que se calienta eléctricamente;
- 10 (c) calentar eléctricamente el segundo medio de núcleo calentado previamente; y
- (d) suministrar un gas de reacción en el espacio interno en un estado en el que el primer medio de núcleo y el segundo medio de núcleo se calientan eléctricamente para deposición de silicio, mediante lo cual se forma una salida de deposición hacia el exterior en el primer medio de núcleo o el segundo medio de núcleo o ambos formándose de ese modo una primera salida de deposición o una segunda salida de deposición, respectivamente, a una presión de reacción en el intervalo de 100 - 2000 kPa y una temperatura de reacción en el intervalo de 650 - 1.300 °C basada en la temperatura superficial de la primera salida de deposición o de la segunda salida de deposición o ambas,

en el que, en la etapa de calentamiento previo del segundo medio de núcleo, el segundo medio de núcleo se calienta previamente a una temperatura en el intervalo de 350-1.000 °C con el primer medio de núcleo siendo eléctricamente calentado a una temperatura en el intervalo de 400-3.000 °C;

20 en donde el material resistivo se selecciona entre:

- (i) un metal o una aleación que comprende al menos un elemento metálico seleccionado entre el grupo que consiste en tungsteno (W), renio (Re), osmio (Os), tántalo (Ta), molibdeno (Mo), niobio (Nb), iridio (Ir), rutenio (Ru), tecnecio (Tc), hafnio (Hf), rodio (Rh), vanadio (V), cromo (Cr), zirconio (Zr), platino (Pt), torio (Th), lantano (La), titanio (Ti), lutecio (Lu), itrio (Y), hierro (Fe), níquel (Ni), aluminio (Al) y una mezcla de los mismos;
- 25 (ii) un material de metal cerámico que comprende al menos un componente seleccionado entre el grupo que consiste en siliciuro de molibdeno (Mo-Si), óxido de lantano y cromo (La-Cr-O), circonia y una mezcla de los mismos; o
- 30 (iii) un material a base de carbono que comprende al menos un componente seleccionado entre el grupo que consiste en carbono amorfo, grafito, carburo de silicio (SiC) y una mezcla de los mismos.

2. El método para preparar la varilla de silicio policristalino usando un medio de núcleo mixto como se establece en la reivindicación 1, en el que, en la etapa de calentar eléctricamente el segundo medio de núcleo calentado previamente, todo el segundo medio de núcleo se calienta eléctricamente de forma simultánea o el segundo medio de núcleo se divide en una pluralidad de segundos grupos de núcleo que comienzan a calentarse eléctricamente en grupos en diferentes tiempos de partida.

3. El método para preparar la varilla de silicio policristalino usando un medio de núcleo mixto como se establece en la reivindicación 1, en el que, en la etapa de calentamiento previo del segundo medio de núcleo, el segundo medio de núcleo se calienta previamente a una temperatura en el intervalo de 400-900 °C con el primer medio de núcleo siendo eléctricamente calentado a una temperatura en el intervalo de 800-2.000 °C.

4. El método para preparar la varilla de silicio policristalino usando un medio de núcleo mixto como se establece en la reivindicación 1 o la reivindicación 3, en el que, en la etapa de calentamiento previo del segundo medio de núcleo, el segundo medio de núcleo se calienta previamente en el espacio interno a una presión en el intervalo de 100 - 2000 kPa absolutos en una atmósfera seleccionada entre el grupo que consiste en hidrógeno, nitrógeno, argón, helio y una mezcla de los mismos.

5. El método para preparar la varilla de silicio policristalino usando un medio de núcleo mixto como se establece en la reivindicación 1, en el que el gas de reacción contiene al menos un componente que contiene silicio seleccionado entre el grupo que consiste en monosilano (SiH₄), diclorosilano (SiH₂Cl₂), triclorosilano (SiHCl₃), tetracloruro de silicio (SiCl₄) y una mezcla de los mismos.

6. El método para preparar la varilla de silicio policristalino usando un medio de núcleo mixto como se establece en la reivindicación 5, en el que el gas de reacción contiene además al menos un componente gaseoso seleccionado entre el grupo que consiste en hidrógeno, nitrógeno, argón, helio, cloruro de hidrógeno y una mezcla de los mismos.

7. El método para preparar la varilla de silicio policristalino usando un medio de núcleo mixto como se establece en la reivindicación 1, en el que un silicio policristalino de calidad solar para usar en celdas solares se forma en la primera salida de deposición, y un silicio policristalino de calidad electrónica para usar en dispositivos semiconductores se forma en la segunda salida de deposición.

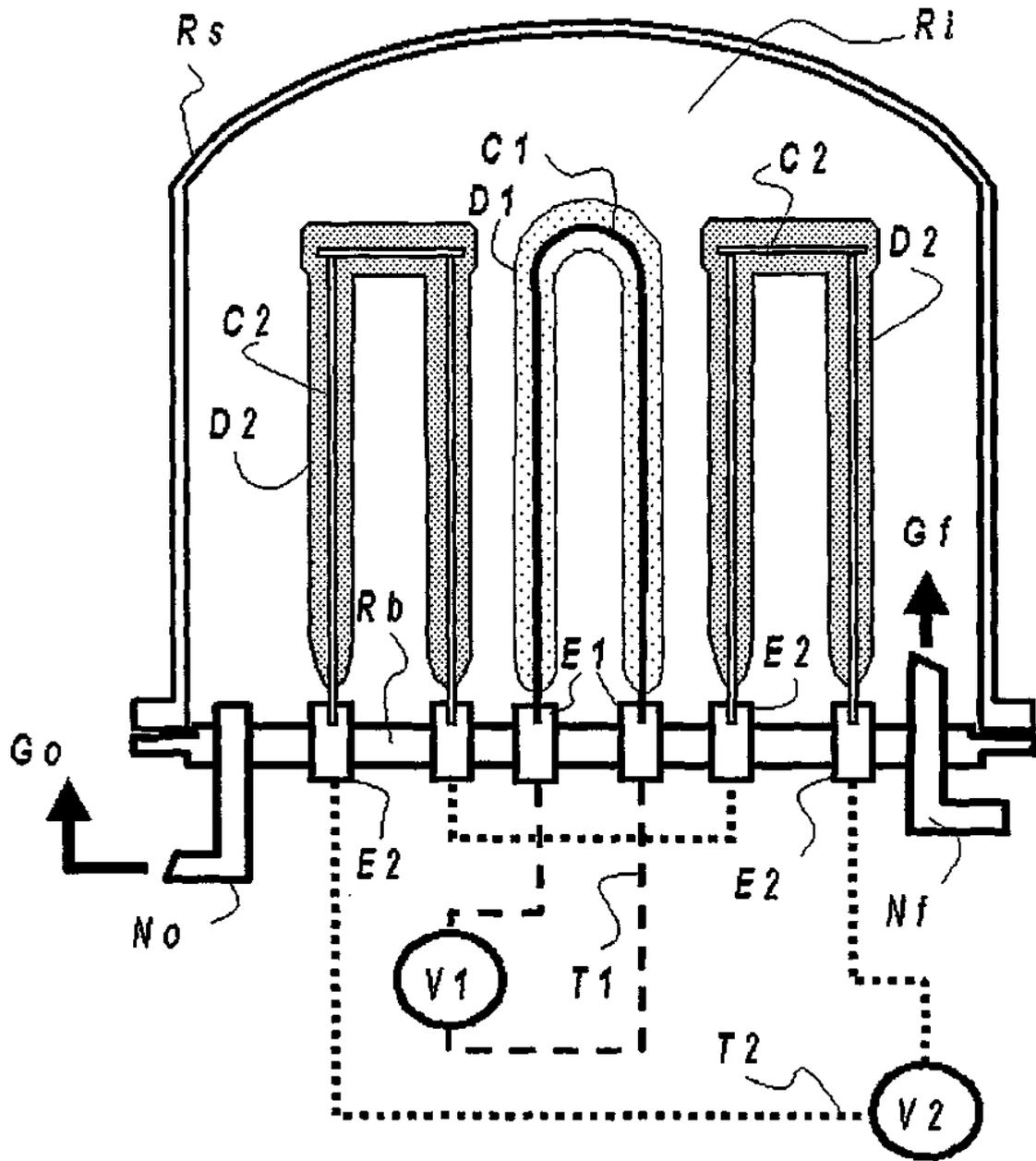
8. El método para preparar la varilla de silicio policristalino usando un medio de núcleo mixto como se establece en la reivindicación 1, en el que el material de silicio se selecciona entre el grupo que consiste en silicio policristalino intrínseco, silicio monocristalino intrínseco, silicio dopado y una mezcla de los mismos.

9. Un aparato usado como un reactor de deposición para preparar una varilla de silicio policristalino realizando una reacción de deposición de silicio, **caracterizado por que**, un primer medio de núcleo y un segundo medio de núcleo están instalados en un espacio interno del reactor de deposición que incluye una unidad de base y una cubierta;
- 5 un primer medio de electrodo conectado eléctricamente al primer medio de núcleo; y un segundo medio de electrodo conectado eléctricamente al segundo medio de núcleo, que es eléctricamente independiente del primer medio de electrodo, en donde el material del primer medio de núcleo es diferente del segundo medio de núcleo, el primer medio de núcleo está formado por un material resistivo y el segundo medio de núcleo está formado por un material de silicio, seleccionándose el material resistivo entre:
- 10
- (i) un metal o una aleación que comprende al menos un elemento metálico seleccionado entre el grupo que consiste en tungsteno (W), renio (Re), osmio (Os), tántalo (Ta), molibdeno (Mo), niobio (Nb), iridio (Ir), rutenio (Ru), tecnecio (Tc), hafnio (Hf), rodio (Rh), vanadio (V), cromo (Cr), zirconio (Zr), platino (Pt), torio (Th), lantano (La), titanio (Ti), lutecio (Lu), itrio (Y), hierro (Fe), níquel (Ni), aluminio (Al) y una mezcla de los mismos;
 - 15 (ii) un material de metal cerámico que comprende al menos un componente seleccionado entre el grupo que consiste en siliciuro de molibdeno (Mo-Si), óxido de lantano y cromo (La-Cr-O), circonia y una mezcla de los mismos; o
 - 20 (iii) un material a base de carbono que comprende al menos un componente seleccionado entre el grupo que consiste en carbono amorfo, grafito, carburo de silicio (SiC) y una mezcla de los mismos.
10. El aparato para preparar la varilla de silicio policristalino usando un medio de núcleo mixto como se establece en la reivindicación 9, en el que el primer medio de electrodo o el segundo medio de electrodo o ambos está o están instalados en la unidad de base.
- 25
11. El aparato para preparar la varilla de silicio policristalino usando un medio de núcleo mixto como se establece en la reivindicación 9, en el que el primer medio de electrodo está dividido en uno o una pluralidad de primeros grupos de electrodo y el segundo medio de electrodo está dividido en uno o una pluralidad de segundos grupos de electrodo, con corrientes eléctricas que se suministran de forma independiente a los respectivos grupos de electrodos .
- 30
12. El aparato para preparar la varilla de silicio policristalino usando un medio de núcleo mixto como se establece en la reivindicación 9, en el que el primer medio de electrodo está construido de modo que una energía eléctrica requerida para calentar el primer medio de núcleo se suministre de forma independiente a partir de una primera fuente de suministro de energía eléctrica a través de un primer medio de transmisión de energía eléctrica, y el segundo medio de electrodo está construido de modo que una energía eléctrica requerida para calentar el segundo medio de núcleo se suministre de forma independiente a partir de una segunda fuente de suministro de energía eléctrica a través de un segundo medio de transmisión de energía eléctrica.
- 35
13. El aparato para preparar la varilla de silicio policristalino usando un medio de núcleo mixto como se establece en la reivindicación 12, en el que la primera fuente de suministro de energía eléctrica y la segunda fuente de suministro de energía eléctrica están constituidas por separado como sistemas independientes de conversión de energía eléctrica o están constituidas como un sistema integrado de conversión de energía eléctrica.
- 40
14. El aparato para preparar la varilla de silicio policristalino usando un medio de núcleo mixto como se establece en la reivindicación 12, en el que el primer medio de núcleo comprendido en uno o una pluralidad de reactores de deposición está/están o interconectado/dos de forma eléctrica entre sí mediante la primera fuente de suministro de energía eléctrica.
- 45
15. El aparato para preparar la varilla de silicio policristalino usando un medio de núcleo mixto como se establece en la reivindicación 12, en el que el segundo medio de núcleo comprendido en uno o una pluralidad de reactores de deposición está/están interconectado/dos de forma eléctrica entre sí mediante la segunda fuente de suministro de energía eléctrica.
- 50
16. El aparato para preparar la varilla de silicio policristalino usando un medio de núcleo mixto como se establece en la reivindicación 9, en el que el primer medio de núcleo o el segundo medio de núcleo tienen una forma seleccionada entre el grupo que consiste en una varilla, un hilo, un filamento, una barra, una banda y una cinta que tienen una forma transversal de un círculo, un óvalo o un polígono, y de una conducción, un tubo, un cilindro y un conducto que tienen una forma transversal de un círculo concéntrico, un óvalo concéntrico o un polígono concéntrico.
- 55
17. El aparato para preparar la varilla de silicio policristalino usando un medio de núcleo mixto como se establece en la reivindicación 9, en el que el material de silicio se selecciona entre el grupo que consiste en silicio policristalino intrínseco, silicio monocristalino intrínseco, silicio dopado y una mezcla de los mismos.
- 60
18. El aparato para preparar la varilla de silicio policristalino usando un medio de núcleo mixto como se establece en la reivindicación 9, en el que el primer medio de núcleo se constituye mediante la formación de una o una pluralidad
- 65

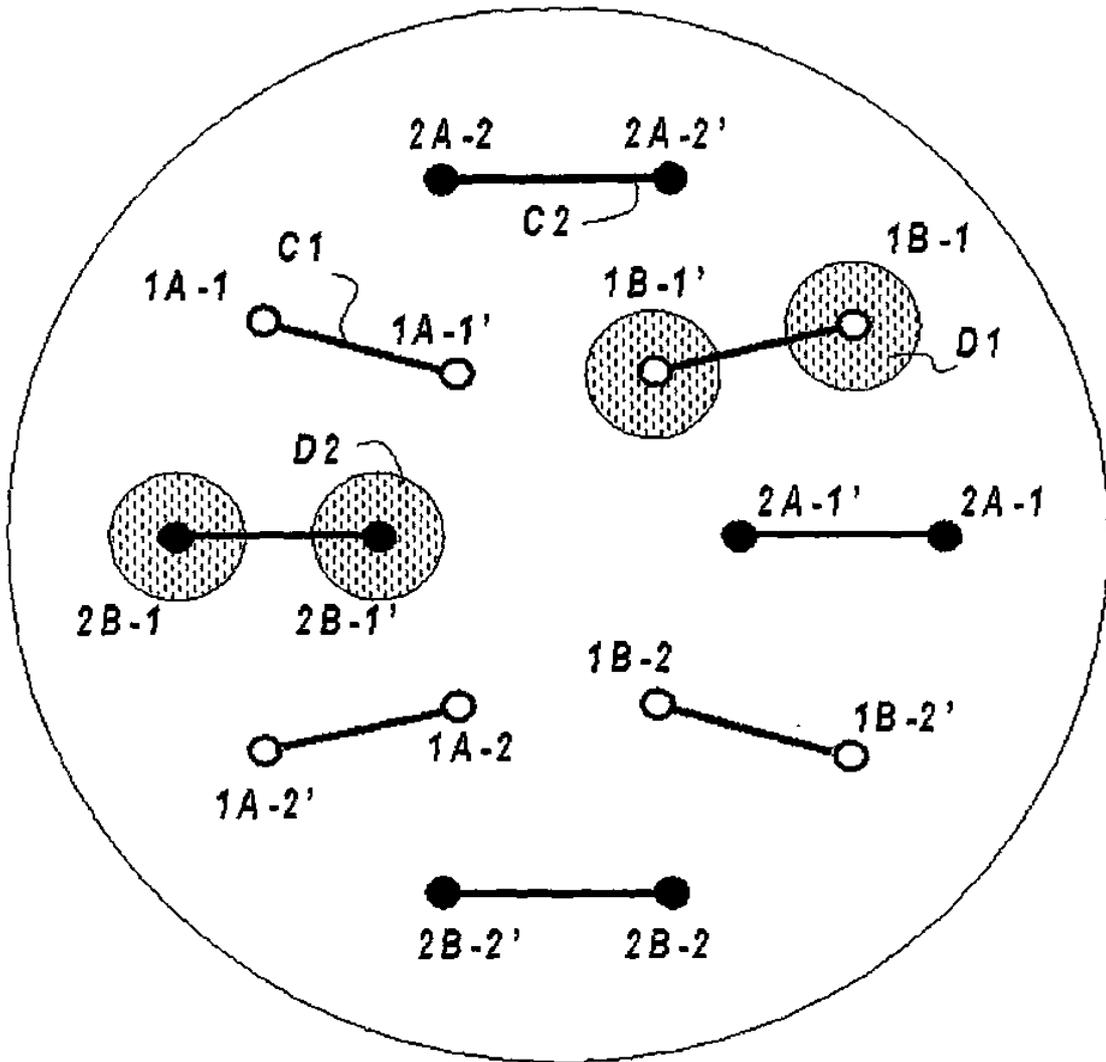
de capa(s) de separación formadas a partir de un componente de barrera en la superficie de un primer elemento de núcleo formado por un material resistivo.

- 5 19. El aparato para preparar la varilla de silicio policristalino usando un medio de núcleo mixto como se establece en la reivindicación 18, en el que el número de capa(s) de separación está en el intervalo de 1 a 5.
- 10 20. El aparato para preparar la varilla de silicio policristalino usando un medio de núcleo mixto como se establece en la reivindicación 18, en el que el componente de barrera que constituye cada capa de la capa(s) de separación se selecciona entre el grupo que consiste en nitruro de silicio intrínseco, óxido de silicio, carburo de silicio, oxinitruro de silicio y una mezcla de los mismos.
- 15 21. El aparato para preparar la varilla de silicio policristalino usando un medio de núcleo mixto como se establece en la reivindicación 18, en el que el componente de barrera que constituye cada capa de la capa(s) de separación se selecciona entre un nitruro, un óxido, un siliciuro, un carburo, un oxinitruro o un oxisiliciuro que comprenden al menos un elemento metálico seleccionado entre el grupo que consiste en tungsteno (W), renio (Re), osmio (Os), tántalo (Ta), molibdeno (Mo), niobio (Nb), iridio (Ir), rutenio (Ru), tecnecio (Tc), hafnio (Hf), rodio (Rh), vanadio (V), cromo (Cr), zirconio (Zr), platino (Pt), torio (Th), lantano (La), titanio (Ti), lutecio (Lu), itrio (Y) y una mezcla de los mismos.
- 20 22. El aparato para preparar la varilla de silicio policristalino usando un medio de núcleo mixto como se establece en la reivindicación 18, en el que el grosor global de la capa(s) de separación formada(s) en el primer elemento de núcleo del primer medio de núcleo está en el intervalo de 10 nm a 20 mm.
- 25 23. El aparato para preparar la varilla de silicio policristalino usando un medio de núcleo mixto como se establece en una cualquiera de la reivindicación 18 a la reivindicación 22, en el que una capa de silicio está formada en la capa de separación, estando el grosor de la capa de silicio en el intervalo de 1 μm - 10 mm y siendo seleccionado el silicio como el componente de barrera.
- 30 24. El aparato para preparar la varilla de silicio policristalino usando un medio de núcleo mixto como se establece en la reivindicación 9, o la reivindicación 18, en el que la primera unidad de núcleo que constituye un primer medio de núcleo se somete a tratamiento térmico a una temperatura en el intervalo de 400 - 3.000 °C.
- 35 25. El aparato para preparar la varilla de silicio policristalino usando un medio de núcleo mixto como se establece en la reivindicación 24, en el que la primera unidad de núcleo se somete a tratamiento térmico siendo eléctricamente calentada en un reactor de deposición.
- 40 26. El aparato para preparar la varilla de silicio policristalino usando un medio de núcleo mixto como se establece en la reivindicación 18, en el que la capa de separación está formada por revestimiento del componente de barrera en la superficie del primer elemento de núcleo.
27. El aparato para preparar la varilla de silicio policristalino usando un medio de núcleo mixto como se establece en la reivindicación 18, en el que parte de la capa(s) de separación o la totalidad de la capa(s) de separación se forman en un reactor de deposición.

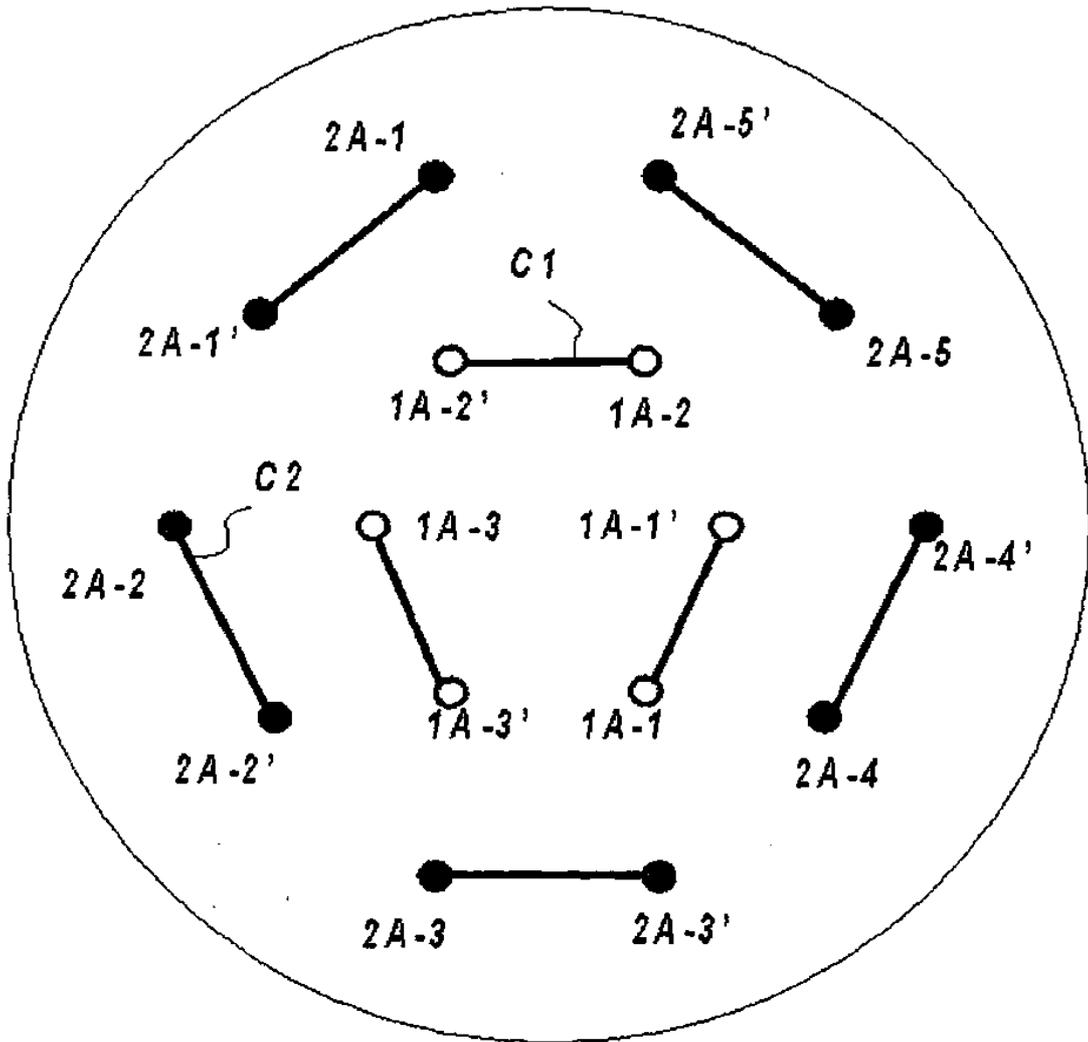
[Fig. 1]



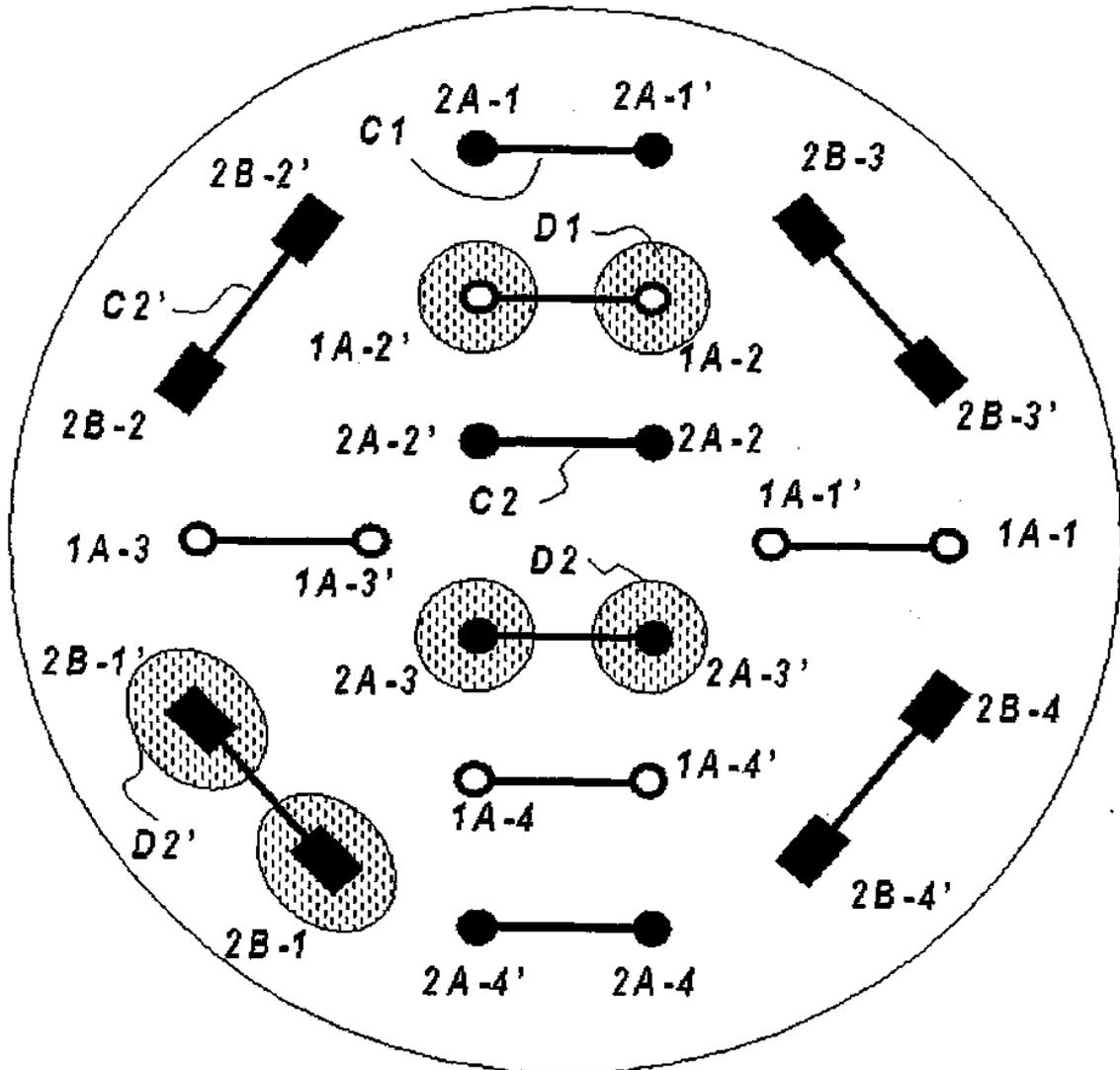
【Fig. 2】



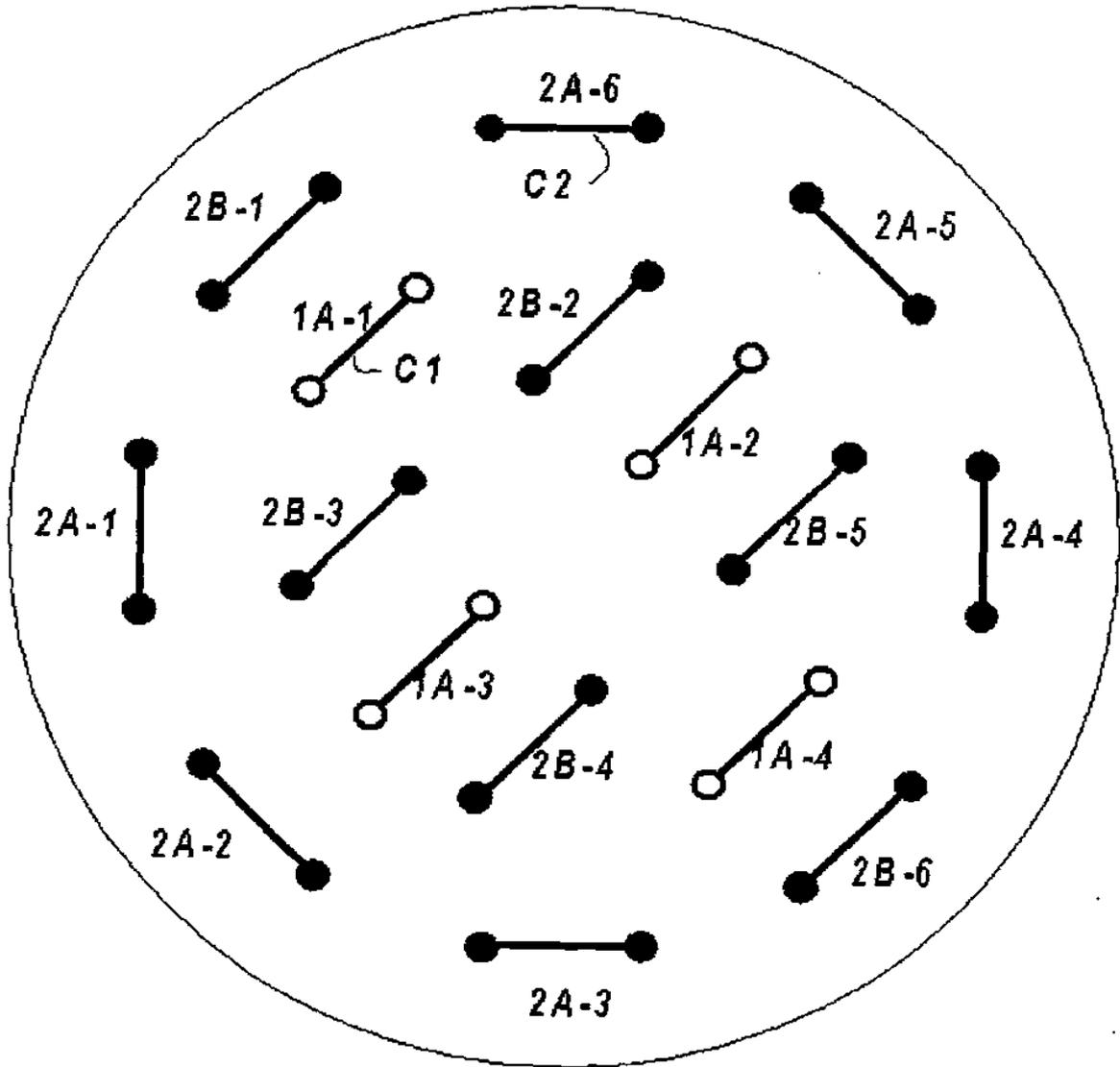
【Fig. 3】



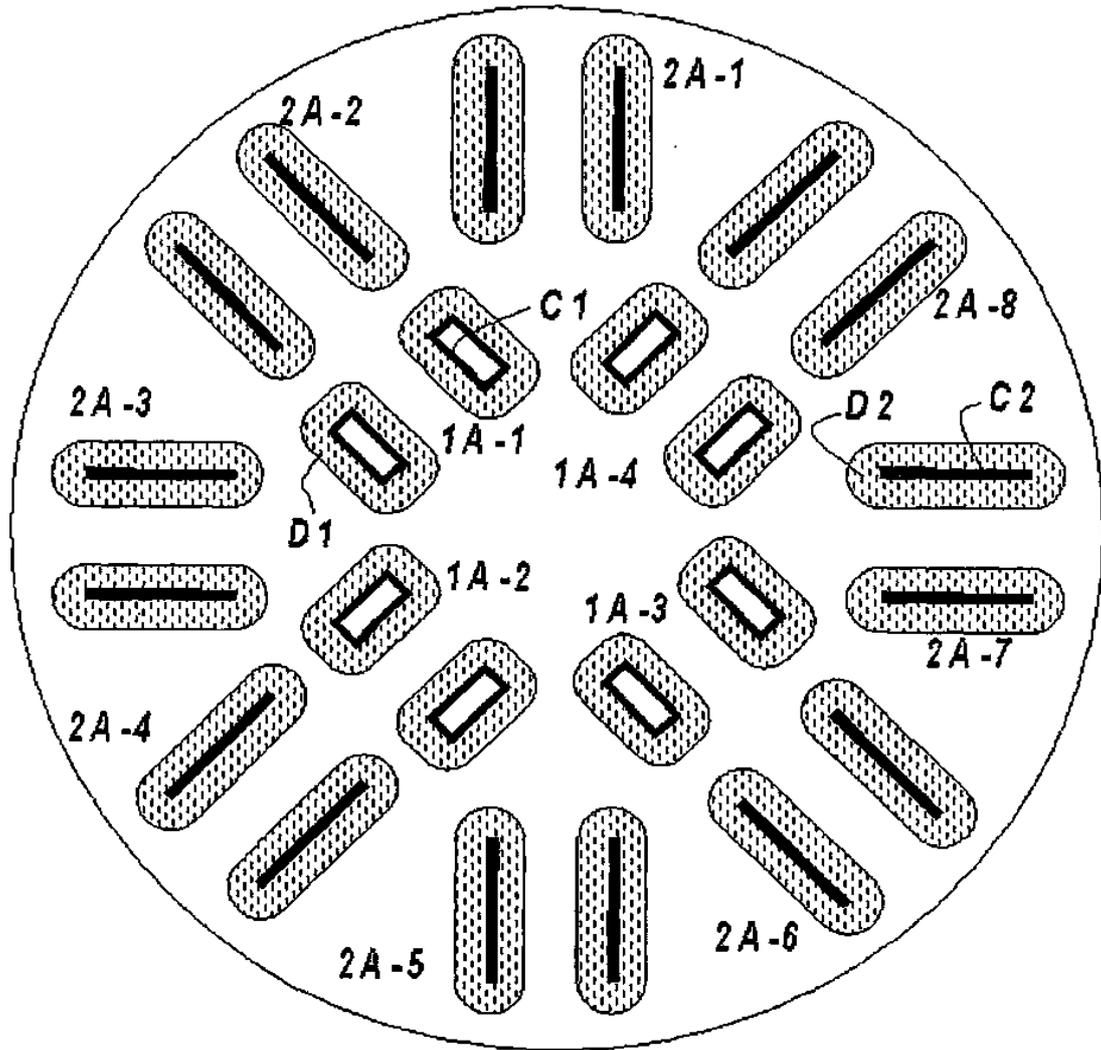
[Fig. 4]



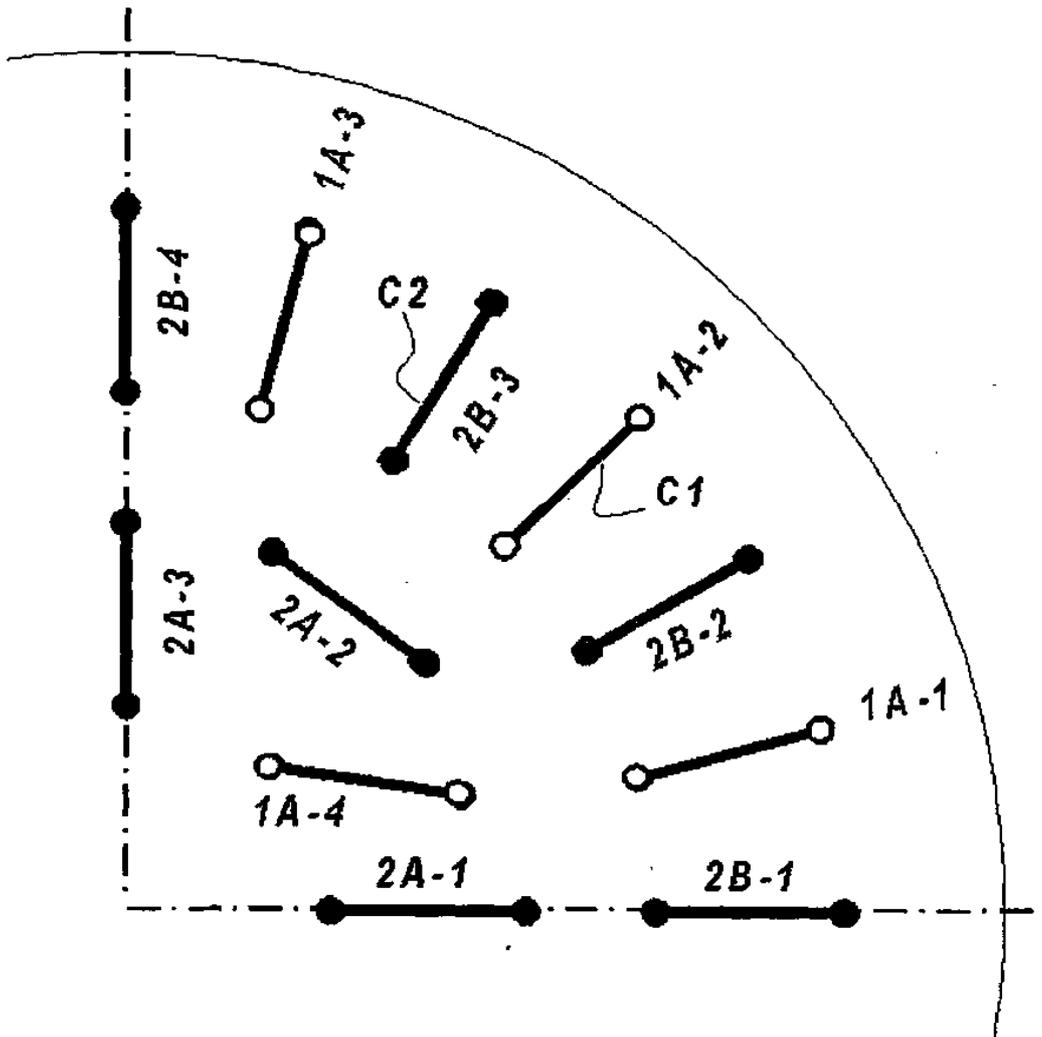
【Fig. 5】



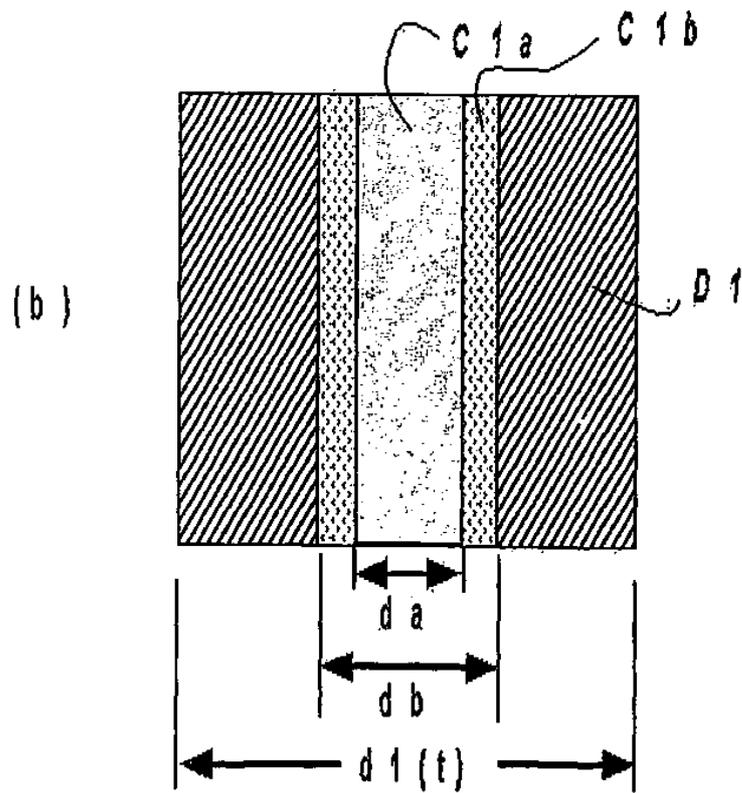
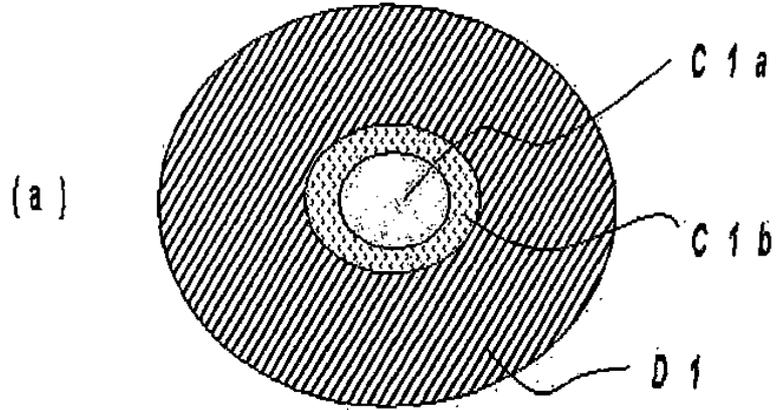
[Fig. 6]



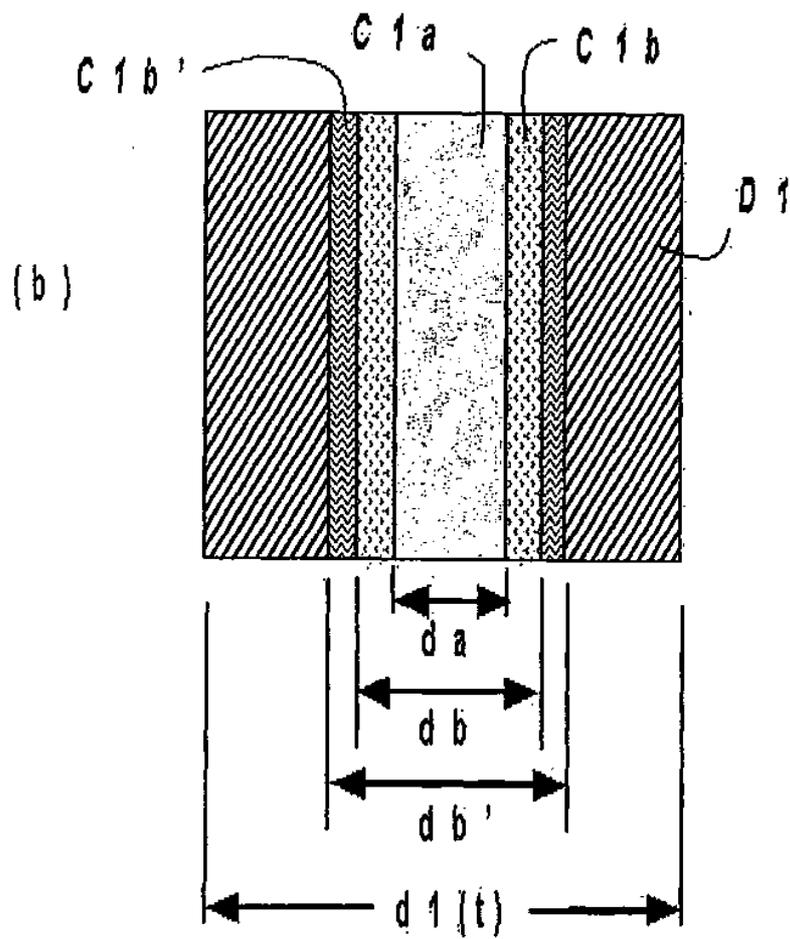
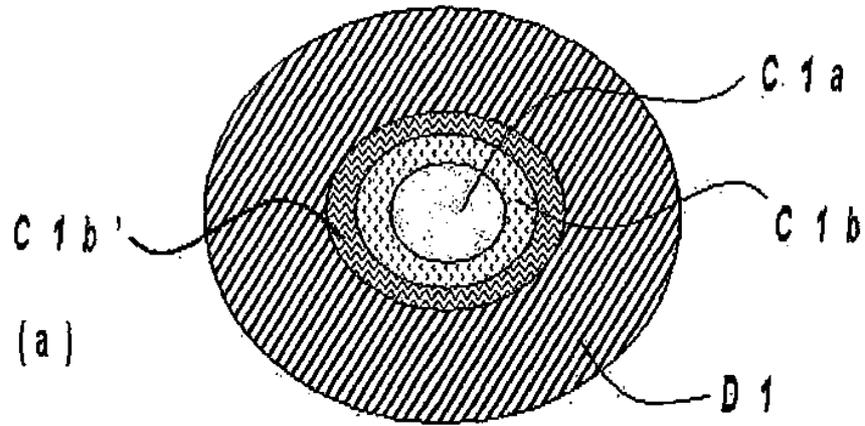
[Fig. 7]



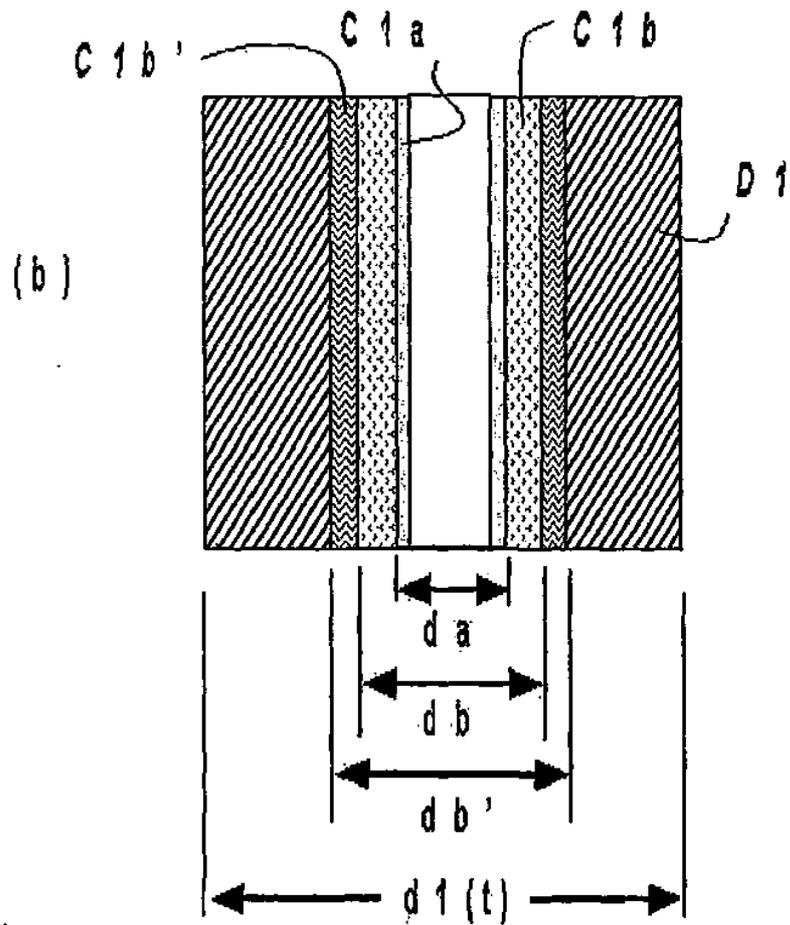
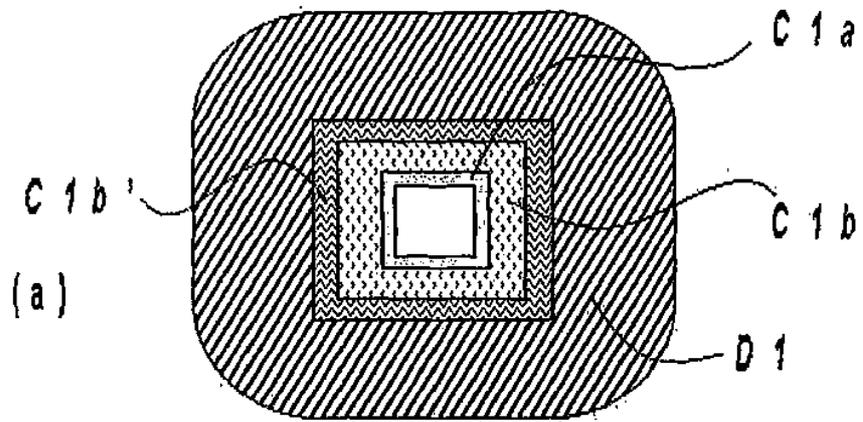
【Fig. 8】



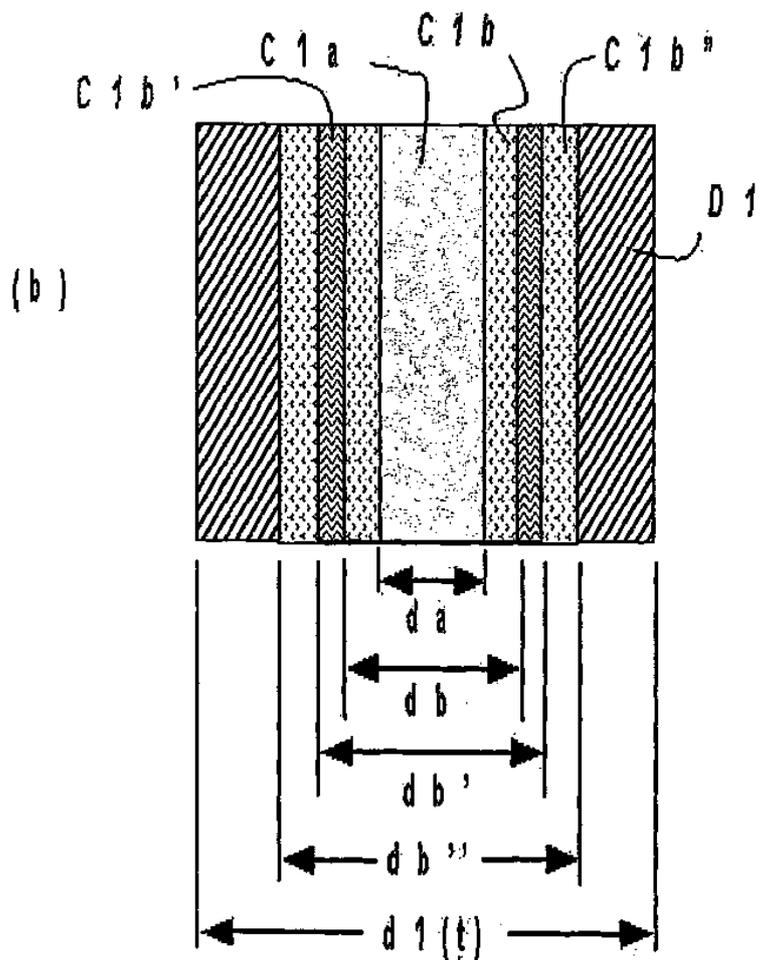
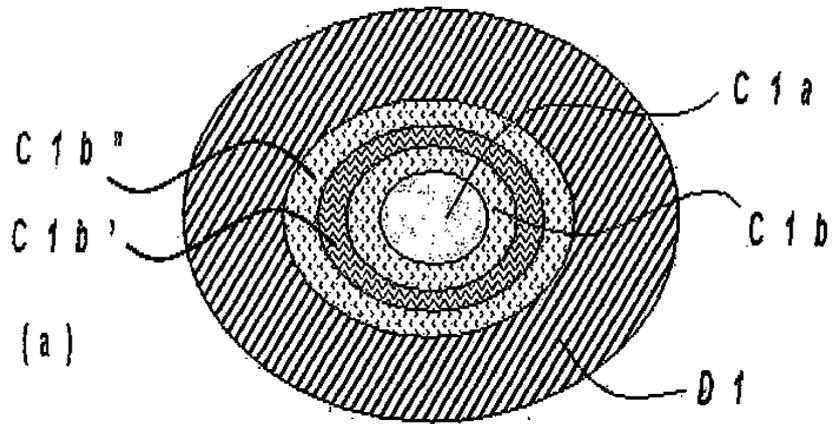
[Fig. 9]



[Fig. 10]



[Fig. 11]



[Fig. 12]

