

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 390 109**

51 Int. Cl.:
C01B 33/035 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **09169429 .9**
96 Fecha de presentación: **03.09.2009**
97 Número de publicación de la solicitud: **2161241**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **10.03.2010**

54 Título: **Aparato de fabricación de silicio policristalino**

30 Prioridad:
09.09.2008 JP 2008231163

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
06.11.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
06.11.2012

73 Titular/es:
MITSUBISHI MATERIALS CORPORATION
(100.0%)
5-1, OTEMACHI 1-CHOME
CHIYODA-KU TOKYO 100-8117, JP

72 Inventor/es:
ENDO, TOSHIHIDE;
TEBAKARI, MASAYUKI;
ISHII, TOSHIYUKI y
SAKAGUCHI, MASA AKI

74 Agente/Representante:
VEIGA SERRANO, Mikel

ES 2 390 109 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 de fabricación de silicio policristalino

5 **Sector de la técnica**

La presente invención se refiere a un aparato de fabricación de silicio policristalino que produce varillas de silicio policristalino depositando silicio policristalino sobre superficies de varillas simiente de silicio calentadas.

10 **Estado de la técnica**

15 Convencionalmente, se conoce un aparato de fabricación de silicio policristalino mediante el proceso Siemens. En el aparato de fabricación de silicio policristalino mediante el proceso Siemens, se proporciona una pluralidad de varillas simiente de silicio en un reactor y se calientan. Se suministra gas de material de partida incluyendo gas de clorosilano y gas de hidrógeno al reactor y en contacto con las varillas simiente de silicio calentadas, de modo que se deposita silicio policristalino sobre la superficie de las varillas simiente de silicio mediante descomposición térmica y reducción de hidrógeno del gas de material de partida.

20 En este aparato de fabricación del silicio policristalino, las varillas simiente de silicio se fijan sobre electrodos previstos sobre una parte de placa inferior del reactor de modo que se sitúen sobre los electrodos. Se suministra corriente eléctrica a las varillas simiente de silicio a través de los electrodos, de modo que las varillas simiente de silicio se calientan mediante la resistencia eléctrica. Se insufla el gas de material de partida desde abajo y en contacto con las varillas simiente de silicio. Como resultado, se fabrican varillas de silicio policristalino. Los electrodos que portan las varillas simiente de silicio se distribuyen a lo largo de la superficie inferior interna del reactor. Por ejemplo, tal como se da a conocer en la primera publicación de la solicitud de patente japonesa sin examinar n.º H08-45847, se proporciona una placa 4 de base (es decir, una parte de placa inferior) que tiene agujeros pasantes en un aparato de deposición (es decir, un reactor). Se fijan partes (2) de conductor eléctrico en los agujeros pasantes de modo que estén rodeados por aislantes circulares. Se unen portaelectrodos (6) a las partes (2) de conductor eléctrico. Se mantienen electrodos (14) de grafito sobre las partes de extremo superior de los portaelectrodos (6).

25 En un procedimiento de deposición de silicio policristalino sobre las superficies de las varillas simiente de silicio haciendo reaccionar el gas de material de partida en el reactor, el silicio policristalino depositado alcanza varias decenas de kg mediante la continuación de la reacción, y puede desprenderse debido a su propio peso. En este caso, el silicio policristalino que se cae puede dañar una solera de horno del reactor, o puede provocar un cortocircuito entre los electrodos y la solera de horno, de modo que se impide que continúe la reacción.

30 Especialmente, en el aparato del documento JP'847, se refrigeran los portaelectrodos (6) puesto que se refrigeran las partes (2) de conductor eléctrico. Por tanto, se refrigeran los electrodos (14) de grafito, de modo que disminuye la temperatura de las partes de extremo inferior de los elementos (15) de soporte (es decir, las varillas simiente de silicio). Como resultado, no se deposita suficiente silicio policristalino sobre estas partes.

35 **Objeto de la invención**

40 La presente invención se logra considerando las circunstancias anteriores, y tiene como objeto proporcionar un aparato de fabricación en el que puede depositarse suficiente silicio policristalino sobre la parte de extremo inferior de la varilla simiente de silicio.

45 Para lograr el objeto anterior, un aparato de fabricación de silicio policristalino según la presente invención produce silicio policristalino mediante el suministro de gas de material de partida a una varilla simiente de silicio calentada proporcionada de manera vertical en un reactor de modo que se deposite el silicio policristalino sobre una superficie de la varilla simiente de silicio. El aparato de fabricación incluye: un electrodo que porta la varilla simiente de silicio y está compuesto por carbono; y un portaelectrodo que se inserta y mantiene en un agujero pasante formado en una parte de placa inferior del reactor, y que porta el electrodo. En el aparato de fabricación, se forma un conducto de refrigerante en el que fluye medio refrigerante en el mismo, en el portaelectrodo. El electrodo incluye: un elemento portador de varilla simiente columnar que porta una parte de extremo inferior de la varilla simiente de silicio; una tapa térmica que se proporciona entre el elemento portador de varilla simiente y el portaelectrodo, y que tiene una parte hueca en la que se inserta una parte de extremo inferior del elemento portador de varilla simiente de modo que se mantenga en la misma; y un protector de tapa que tiene una forma de placa similar a un anillo, que cubre una superficie superior de la tapa térmica, y en el que se forman un agujero pasante en el que penetra la parte de extremo inferior del elemento portador de varilla simiente.

50 Según la presente invención, es difícil refrigerar el elemento portador de varilla simiente puesto que la tapa térmica se interpone entre el elemento portador de varilla simiente y el portaelectrodo. Por tanto, puede depositarse silicio policristalino sobre toda la superficie de la varilla simiente de silicio y la parte de extremo inferior del elemento portador de varilla simiente. Como resultado, el silicio policristalino que se deposita sobre la varilla simiente de silicio

está soportado fuertemente por el silicio policristalino que se deposita sobre el elemento portador de varilla simiente. En este caso, aunque se deposita el silicio policristalino sobre el protector de tapa, se impide que el silicio policristalino se adhiera a la tapa térmica puesto que la tapa térmica está cubierta por el protector de tapa. Por tanto, es fácil reutilizar los elementos de electrodo tales como la tapa térmica y similar.

5 En este aparato de fabricación de silicio policristalino, es preferible que se forme una parte de tornillo macho en una superficie periférica externa del elemento portador de varilla simiente, y se formen tornillos hembra que se atornillan junto con la parte de tornillo macho en superficies periféricas internas de la parte hueca de la tapa térmica y el agujero pasante del protector de tapa.

10 En este caso, el elemento portador de varilla simiente se fija de manera segura a la tapa térmica puesto que la tapa térmica y el protector de tapa se comportan como una doble tuerca con respecto al elemento portador de varilla simiente.

15 Según el aparato de fabricación de silicio policristalino de la presente invención, se deposita el silicio policristalino también sobre la parte de extremo inferior del elemento portador de varilla simiente puesto que la temperatura del elemento portador de varilla simiente se mantiene alta. Por tanto, el silicio policristalino depositado se soporta de manera segura y se impide que se caiga hacia abajo. En este caso, aunque se deposita el silicio policristalino sobre el electrodo, puede impedirse que el silicio policristalino se adhiera a la tapa térmica puesto que el protector de tapa cubre la superficie superior de la tapa térmica. Por tanto, no es necesario cambiar la totalidad del electrodo cuando se termina el procedimiento, de modo que al menos la tapa térmica puede reutilizarse. Como resultado, pueden mejorarse la trabajabilidad y la productividad de fabricación de silicio policristalino.

25 Descripción de las figuras

La figura 1 es una vista en perspectiva que deja ver parcialmente el interior de un recinto de campana de un reactor.

La figura 2 es una vista en sección esquemática del reactor de la figura 1.

30 La figura 3 es una vista en sección ampliada de un electrodo individual del reactor de la figura 2.

La figura 4 es una vista en sección que muestra una forma en la parte inferior de una varilla de silicio de silicio policristalino depositado.

35 Descripción detallada de la invención

A continuación, se describirá una realización de la presente invención con referencia a los dibujos.

40 La figura 1 es una vista general de un aparato de fabricación de silicio policristalino de la presente invención. Un reactor (1) del aparato de fabricación de silicio policristalino está dotado de: una parte (2) de placa inferior que forma una solera de horno; y un recinto (3) de campana que se une de manera detectable a la parte (2) de placa inferior. La superficie superior de la placa (2) inferior es sustancialmente una superficie horizontal plana. El recinto (3) de campana tiene una forma de campana colgante en su totalidad, y el techo del mismo abovedado. Por tanto, el espacio interno del recinto (3) de campana tiene su punto más alto en una parte central, y tiene su punto más bajo en una parte periférica. La parte (2) de placa inferior y una pared del recinto (3) de campana forman una estructura de camisa (no ilustrada), y se refrigeran mediante refrigerante.

50 Una pluralidad de unidades (5) de electrodo a las que se unen varillas (4) simiente de silicio, una pluralidad de boquillas (6) de inyección (es decir, orificios de suministro de gas) para inyectar gas de material de partida incluyendo gas de clorosilano y gas de hidrógeno en el reactor (1), y una pluralidad de orificios (7) de descarga de gas se forman en la parte (2) de placa inferior.

55 Las boquillas (6) de inyección del gas de material de partida se proporcionan sustancialmente en toda el área de la superficie superior de la parte (2) de placa inferior del reactor (1) con intervalos apropiados de modo que se suministre el gas de material de partida uniformemente a cada varilla (4) simiente de silicio. Las boquillas (6) de inyección se conectan con una fuente (8) de suministro de gas de material de partida que se sitúa fuera del reactor (1). Los orificios (7) de descarga de gas se disponen de manera circunferencial con intervalos apropiados en la parte periférica externa de la parte (2) de placa inferior, y se conectan con un sistema (9) de eliminación de gas de escape. Las unidades (5) de electrodo se conectan con un circuito (10) de suministro de energía. La parte (2) de placa inferior tiene una estructura de camisa en la que se forma en la misma un conducto de refrigerante (no ilustrado).

60 Las varillas (4) simiente de silicio se fijan a las unidades (5) de electrodo insertando las partes de extremo inferior de las varillas (4) simiente de silicio en las unidades (5) de electrodo, extendiéndose de ese modo hacia arriba. Se fijan elementos (12) de conexión cortos en las partes de extremo superior de pares de las varillas (4) simiente de silicio de modo que se conecten las dos varillas (4) simiente de silicio. Los elementos (12) de conexión están compuestos

por el mismo silicio que las varillas (4) simiente de silicio. Una unidad (13) de simiente se ensambla desde las dos varillas (4) simiente de silicio y un elemento (12) de conexión que conecta las varillas (4) simiente de silicio de modo que se forme una forma II. Estas unidades (13) de simiente se disponen sustancialmente de manera concéntrica disponiendo las unidades (5) de electrodo de manera concéntrica alrededor del centro del reactor (1).

5 Más específicamente, tal como se muestra en la figura 2, se montan unidades (5A) de electrodo individual que portan la varilla (4) simiente de silicio y unidades (5B) de electrodo doble que portan las dos varillas (4) simiente de silicio como las unidades (5) de electrodo en el reactor (1).

10 Tal como se muestra en la figura 2, las unidades (5A) de electrodo individual y las unidades (5B) de electrodo doble se disponen de modo que se conecten tres unidades (13) de simiente en serie como una unidad disponiendo desde un extremo hasta el otro extremo de la unidad en la secuencia de una unidad (5A) de electrodo individual, dos unidades (5B) de electrodo doble, y la otra unidad (5A) de electrodo individual. En este caso, se disponen tres pares de las unidades (13) de simiente de modo que abarquen cuatro unidades (5A y 5B) de electrodo. Cada una de las varillas (4) simiente de silicio de una unidad (13) de simiente se porta por otro electrodo.

15 Es decir, la unidad (5A) de electrodo individual porta una varilla (4) simiente de silicio de dos varillas (4) simiente de silicio de la unidad (13) de simiente; y la unidad (5B) de electrodo doble porta cada una de las varillas (4) simiente de silicio de dos unidades (13) de simiente. Además, se conecta un cable eléctrico a las unidades (5A) de electrodo individual, es decir, se conectan ambos extremos de la serie, de modo que fluye corriente eléctrica.

20 En el aparato de fabricación de silicio policristalino construido como anteriormente, las varillas (4) simiente de silicio se calientan de manera resistiva aplicando electricidad a las varillas (4) simiente de silicio desde las unidades (5) de electrodo (5A y 5B). Además, las varillas (4) simiente de silicio se calientan entre sí mediante calor radiante de las varillas (4) simiente de silicio adyacentes, y están altamente calentadas de manera sinérgica. El gas de partida está tocando la superficie de las varillas (4) simiente de silicio altamente calentadas y reacciona, de modo que se deposita silicio policristalino.

25 A continuación, se describirá la unidad (5A) de electrodo individual. Tal como se muestra en la figura 3, la unidad (5A) de electrodo individual que porta una varilla (4) simiente de silicio se construye a partir de: un portaelectrodo (20) que se inserta en un agujero (16) pasante formado en la parte (2) de placa inferior del reactor (1); y un electrodo (30) que se proporciona en la parte de extremo superior del portaelectrodo (20) y porta la varilla (4) simiente de silicio.

30 Tal como se muestra en la figura 3, el portaelectrodo (20) es un elemento similar a una varilla compuesto por acero inoxidable, y tiene una parte (20a) de varilla recta que se inserta en el agujero (16) pasante a lo largo de una dirección sustancialmente vertical. Se forman una parte (20b) de diámetro agrandado en forma de disco hueco que tiene un mayor diámetro que el de la parte (20a) de varilla y un espacio interno en la misma, y una parte (20c) de árbol roscado que sobresale hacia arriba desde la superficie superior de la parte (20b) de diámetro agrandado, forman en la parte de extremo superior de la parte (20a) de varilla de manera solidaria. Una parte (20d) de tornillo macho se forma en la parte inferior de la parte (20a) de varilla que sobresale de la parte (2) de placa inferior.

35 El portaelectrodo (20) es hueco, y tiene un tubo (21) interno que se proporciona de manera concéntrica con el portaelectrodo (20). El tubo (21) interno tiene un menor diámetro externo que el diámetro interno del portaelectrodo (20), y separa el interior del portaelectrodo (20) en el espacio periférico externo y el espacio interno (es decir, una parte central). El extremo superior del tubo (21) interno está en contacto con la superficie interna de extremo superior del portaelectrodo (20). El tubo (21) interno tiene una parte (21a) de abertura que comunica el interior con el exterior del tubo (21) interno que se forma en la parte de extremo superior del mismo. Por tanto, en el interior del portaelectrodo (20), desde la parte (20a) de varilla hasta la parte (20c) de árbol roscado, se forma un conducto (27) de refrigerante comunicando un conducto (27A) de flujo periférico externo y un conducto (27B) de flujo periférico interno mediante la parte (21a) de abertura. El conducto (27A) de flujo periférico externo se forma entre el tubo (21) interno y el portaelectrodo (20). El conducto (27B) de flujo periférico interno se forma en el tubo (21) interno. Fluye medio refrigerante en el conducto (27) de refrigerante.

40 Se proporciona un espaciador (21b) en la superficie periférica externa del tubo (21) interno que se extiende a lo largo de una dirección axial del tubo (21) interno de modo que se mantenga un espacio entre la superficie periférica interna del portaelectrodo (20) y la superficie periférica externa del tubo (21) interno a una altura correspondiente a la parte (20d) de tornillo macho.

45 En el conducto (27) de refrigerante, tal como se muestra mediante las flechas en la figura 3, el medio refrigerante fluye en el conducto (27A) de flujo periférico externo a través de una entrada (27a) formada en la parte de extremo inferior del portaelectrodo (20), y fluye hacia arriba. Entonces, el medio refrigerante se guía mediante una placa (21c) de anillo, y fluye en la parte (20b) de diámetro agrandado. La placa (21c) de anillo se proporciona en la superficie periférica externa del tubo (21) interno de modo que sea ortogonal al eje del tubo (21) interno a la altura correspondiente al espacio interno de la parte (20b) de diámetro agrandado. Entonces, el medio refrigerante alcanza el interior de la parte (20c) de árbol roscado, es decir, las proximidades del electrodo (30). El medio refrigerante llena

el conducto (27A) de flujo periférico externo, y está en contacto con la superficie interna de la parte de extremo superior del portaelectrodo (20). Entonces, el medio refrigerante fluye en el tubo (21) interno a través de la parte (21a) de abertura formada en la parte de extremo superior del tubo (21) interno, y fluye hacia abajo a lo largo del interior del tubo (21) interno, es decir, el conducto (27B) de flujo periférico interno. Finalmente, el medio refrigerante fluye hacia fuera al exterior del portaelectrodo (20) a través de una salida (27b) prevista en la parte de extremo inferior del tubo (21) interno. Es decir, el medio refrigerante enfría la parte (20b) de diámetro agrandado que está comparativamente a baja temperatura mientras que fluye en el conducto (27A) de flujo periférico externo. Entonces, el medio refrigerante enfría las proximidades del electrodo (30) que está comparativamente a alta temperatura, y se descarga del portaelectrodo (20) mediante el conducto (27B) de flujo periférico interno.

El agujero (16) pasante de la parte (2) de placa inferior en el que se inserta el portaelectrodo (20) que tiene el conducto (27) de refrigerante, se forma de una parte (16A) recta en la parte inferior y una parte (16B) de sección decreciente en la parte superior. La parte (16B) de sección decreciente se expande en diámetro hacia arriba. La parte (16A) recta se forma de modo que tenga un diámetro interno mayor que el diámetro externo de la parte (20a) de varilla. Por tanto, se forma un espacio en forma de anillo alrededor de la parte (20a) de varilla. La parte (16B) de sección decreciente se forma, por ejemplo, de modo que tenga un ángulo inclinado de 5° a 15° con respecto a un eje vertical. Una parte (15) de escariado que tiene un mayor diámetro que el diámetro interno máximo de la parte (16B) de sección decreciente se forma en la parte (2) de placa inferior alrededor de la parte de abertura de extremo superior de la parte (16B) de sección decreciente.

Se proporciona un elemento (24) de aislamiento anular de modo que rodee el portaelectrodo (20) entre la superficie periférica interna del agujero (16) pasante y la parte (20a) de varilla del portaelectrodo (20). El elemento (24) de aislamiento anular está compuesto por resina aislante que tiene un alto punto de fusión tal como resina fluorada que se tipifica mediante, por ejemplo, politetrafluoroetileno (PTFE), perfluoroalcoialcano (PFA). El elemento (24) de aislamiento anular se construye a partir de dos elementos; un manguito (25) con reborde que se inserta en la parte (16A) recta del agujero (16) pasante, y un elemento (26) de cono que se dispone en la parte (16B) de sección decreciente del agujero (16) pasante. Por ejemplo, PTFE que se usa como material del elemento (24) de aislamiento anular tiene un punto de fusión de 327°C (norma ASTM D792), un módulo de flexión de 0,55 GPa (norma ASTM D790), un módulo de tracción de 0,44 GPa a 0,55 GPa (norma ASTM D638), y un coeficiente de dilatación térmica lineal de 1010-5/°C (norma ASTM D696).

El elemento (26) de cono se forma en una forma de sección decreciente de modo que la superficie externa del mismo tiene el mismo ángulo inclinado que el de la superficie periférica interna de la parte (16B) de sección decreciente del agujero (16) pasante. El elemento (26) de cono se inserta en el agujero (16) pasante desde el lado superior de la parte (2) de placa inferior, y está en contacto con la superficie interna de la parte (16B) de sección decreciente. La superficie superior de la parte de extremo superior del elemento (26) de cono está en contacto con la superficie inferior de la parte (20b) de diámetro agrandado del portaelectrodo (20). El diámetro externo de la parte (20b) de diámetro agrandado se ajusta sustancialmente igual al diámetro externo máximo del elemento (26) de cono, es decir, el diámetro externo de la superficie externa de la parte de extremo superior, de modo que la superficie superior del elemento (26) de cono (es decir, el elemento (24) de aislamiento anular) se cubre sustancialmente todo.

Se disponen juntas (23) tóricas en la superficie periférica externa y la parte periférica interna de la superficie de extremo superior del elemento (26) de cono. La hermeticidad entre el elemento (26) de cono y el portaelectrodo (20) y entre el elemento (26) de cono y la parte (2) de placa inferior, es decir, la hermeticidad en el agujero (16) pasante del reactor (1) se mantiene por las juntas (23) tóricas.

El manguito (25) con reborde insertado en la parte (16A) recta de modo que una parte (25a) de reborde que se forma de manera solidaria en la parte de extremo inferior del manguito (25) con reborde está en contacto con la superficie trasera de la parte (2) de placa inferior del reactor (1). La superficie superior de la parte (25a) de reborde se presiona contra la superficie trasera de la parte (2) de placa inferior mediante una tuerca (28) que se atornilla en la parte (20d) de tornillo macho del portaelectrodo (20) con arandelas (29) interpuestas compuestas por acero inoxidable entre las mismas.

Apretando la tuerca (28), se reduce la distancia entre la parte (20b) de diámetro agrandado y la tuerca (28). Por tanto, se tira del portaelectrodo (20) hacia abajo con respecto a la parte (2) de placa inferior, de modo que el elemento (24) de aislamiento anular se mantiene de manera apretada entre la parte (20b) de diámetro agrandado y la tuerca (28). Además, mediante la fuerza que mantiene de manera apretada el elemento (24) de aislamiento anular, la superficie periférica externa del elemento (26) de cono se presiona contra la superficie periférica interna de la parte (16B) de sección decreciente del agujero (16) pasante, de modo que el elemento (24) de aislamiento anular y el portaelectrodo (20) se fijan a la parte (2) de placa inferior de manera solidaria. Con la comprobación de la posición de altura de la superficie inferior de la parte (20b) de diámetro agrandado del portaelectrodo (20) (es decir, la altura que sobresale la superficie inferior de la parte (15) de escariado), se ajusta la posición atornillada de la tuerca (28) de modo que no se provoque un cortocircuito por la parte inferior de la parte (20b) de diámetro agrandado que se aproxima a la parte (2) de placa inferior.

- 5 En este estado fijado, la parte de extremo superior del elemento (26) de cono del elemento (24) de aislamiento anular sobresale ligeramente hacia arriba desde la parte (16B) de sección decreciente del agujero (16) pasante, y está enfrentada al interior de la parte (15) de escariado. Por tanto, está predeterminado que el elemento (26) de cono tenga un diámetro externo ligeramente mayor en la parte de extremo superior que el diámetro interno máximo de la parte (16B) de sección decreciente de modo que la parte de extremo superior del elemento (26) de cono sobresale desde la superficie inferior de la parte (15) de escariado y no sobresale desde la parte de extremo superior de la parte (15) de escariado.
- 10 El electrodo (30) de carbono se mantiene en la parte de extremo superior del portaelectrodo (20) que se fija a la parte (2) de placa inferior. El electrodo (30) está dotado de: un elemento (31) portador de varilla simiente columnar que porta la parte de extremo inferior de la varilla (4) simiente de silicio; una tapa (32) térmica que se proporciona entre el elemento (31) portador de varilla simiente y el portaelectrodo (20), y que tiene una parte (32a) hueca en la que se inserta la parte de extremo inferior del elemento (31) portador de varilla simiente de modo que se mantenga en la misma; y un protector (33) de tapa que tiene una forma de placa similar a un anillo, que cubre la superficie superior de la tapa (32) térmica, y tiene un agujero (33a) pasante que es en el que penetra la parte de extremo inferior del elemento (31) portador de varilla simiente.
- 15 El elemento (31) portador de varilla simiente es un elemento sustancialmente columnar que está compuesto por carbono, y tiene una parte (31a) de tornillo macho en la superficie periférica externa del mismo. Además, se forma una parte (31b) de sección decreciente en la que se reduce gradualmente el diámetro de la misma hacia arriba, en la parte superior del elemento (31) portador de varilla simiente. La parte (31a) de tornillo macho se atornilla con los tornillos hembra que se forman en la superficie periférica interna de la parte (32a) hueca y en la superficie periférica interna del agujero (33a) pasante del protector (33) de tapa. Una parte (31c) hueca cilíndrica en la que encaja la varilla (4) simiente de silicio se abre en el extremo superior de la parte (31b) de sección decreciente. Además, un agujero (31d) de tornillo se abre en el flanco de la parte (31b) de sección decreciente. Un elemento (31e) de tornillo se atornilla en el agujero (31d) de tornillo de modo que se fije la varilla (4) simiente de silicio a la parte (31c) hueca.
- 20 La tapa (32) térmica es un elemento sustancialmente columnar compuesto por carbono. El elemento (31) portador de varilla simiente se atornilla en la parte (32a) hueca formada en una superficie (32b) superior de la tapa (32) térmica. La tapa (32) térmica se mantiene por el portaelectrodo (20) en una parte (32c) hueca formada en la superficie inferior de la misma. La parte (32c) hueca tiene un tornillo hembra que se atornilla junto con el tornillo macho de la parte (20c) de árbol roscado del portaelectrodo (20), y está en contacto con la superficie de extremo superior del portaelectrodo (20) en una superficie (32d) inferior. La tapa (32) térmica se refrigera poniendo la parte (20c) de árbol roscado en la que fluye el medio refrigerante en contacto con la parte (32c) hueca. Sin embargo, la distancia entre la superficie (32d) inferior de la parte (32c) hueca y una superficie (32e) inferior de la parte (32a) hueca es grande, de modo que la superficie (32d) inferior se mantiene alejada de la superficie (32e) inferior. Por tanto, la acción de refrigeración por el portaelectrodo (20) es difícil que alcance al elemento (31) portador de varilla simiente, de modo que el elemento (31) portador de varilla simiente no se refrigera excesivamente.
- 25 Con el fin de impedir ciertamente que el elemento (31) portador de varilla simiente se refrigere excesivamente por la acción refrigerante acción del portaelectrodo (20), se forma la tapa (32) térmica, por ejemplo, de modo que la distancia desde la superficie (32b) superior hasta la superficie (32d) inferior de la parte (32c) hueca sea de 0,8 a 3,0 veces tan grande como el diámetro eficaz de la rosca hembra de la parte (32c) hueca.
- 30 El protector (33) de tapa es un elemento de placa en forma de anillo compuesto por carbono. El agujero (33a) pasante en el que se rosca la parte (31a) de tornillo macho del elemento (31) portador de varilla simiente, se forma en el centro del protector (33) de tapa. El protector (33) de tapa se dispone en la superficie superior de la tapa (32) térmica de modo que el agujero (33a) pasante es concéntrico con la parte (32a) hueca de la tapa (32) térmica.
- 35 El elemento (31) portador de varilla simiente se sujeta por la tapa (32) térmica atornillando la parte de extremo inferior de la parte (31a) de rosca macho en la parte (32a) hueca de la tapa (32) térmica. Además, el protector (33) de tapa se atornilla con la parte (31a) de rosca macho, y se aprieta de modo que se presione contra la superficie superior de la tapa (32) térmica. Por tanto, la tapa (32) térmica y el protector (33) de tapa actúan como una doble tuerca con respecto al elemento (31) portador de varilla simiente, de modo que la rosca de la parte (31a) de rosca macho se fija firmemente mediante la rosca a la tapa (32) térmica y el protector (33) de tapa. Por tanto, el elemento (31) portador de varilla simiente se sujeta firmemente mediante la tapa (32) térmica.
- 40 Cuando el protector (33) de tapa se atornilla con el elemento (31) portador de varilla simiente, ajustando el grado de apriete con respecto a la tapa (32) térmica, puede permitirse la deformación por flexión del elemento (31) portador de varilla simiente, impidiendo de ese modo que el elemento (31) portador de varilla simiente se rompa.
- 45 El electrodo (30) y la varilla (4) simiente de silicio construidos como anteriormente, en el proceso de deposición del silicio policristalino, se activan a través del portaelectrodo (20) compuesto por acero inoxidable, y se calientan altamente mediante el calor resistivo. En este procedimiento, se refrigera el portaelectrodo (20) puesto que el portaelectrodo (20) está compuesto por acero inoxidable que puede contaminar el silicio por la alta temperatura. No es necesario que se refrigere el electrodo (30) puesto que el electrodo (30) está compuesto por carbono y no
- 50
- 55
- 60
- 65

contamina el silicio aunque esté a alta temperatura. Por tanto, en el electrodo (30), la temperatura de la parte inferior de la tapa (32) térmica es comparativamente baja puesto que la tapa (32) térmica se refrigera por el portaelectrodo (20). Sin embargo, es difícil refrigerar el elemento (31) portador de varilla simiente y el protector (33) de tapa puesto que la tapa (32) térmica se interpone entre el portaelectrodo (20) y los mismos. Especialmente, el elemento (31) portador de varilla simiente que porta la varilla (4) simiente de silicio alcanza una alta temperatura en la extensión completa de la parte de extremo inferior del mismo puesto que está separado del portaelectrodo (20) por la tapa (32) térmica. Por tanto, se deposita el silicio policristalino sobre toda la superficie de la varilla (4) simiente de silicio, y crece en una forma de varilla. Se deposita el silicio policristalino también sobre la superficie a alta temperatura del elemento (31) portador de varilla simiente. Como resultado, la varilla de silicio se sujeta firmemente por el silicio policristalino que se deposita sobre el elemento (31) portador de varilla simiente, y se impide que se colapse.

Además, tal como se muestra en la figura 4, puesto que la parte (31a) de tornillo macho se forma en la superficie periférica externa del elemento (31) portador de varilla simiente, se deposita silicio policristalino sobre el hueco de la rosca de tornillo. Por tanto, puede impedirse eficazmente que el silicio policristalino hecho crecer (es decir, una varilla de silicio S) se caiga. La varilla de silicio S se sujeta firmemente por la varilla (4) simiente de silicio adhiriéndose sobre el protector (33) de tapa en la extensión de la superficie superior.

La parte (31a) de tornillo macho del elemento (31) portador de varilla simiente se atornilla con los tornillos hembra de la tapa (32) térmica y el protector (33) de tapa, y en contacto superficial con estos tornillos hembra. Además, la superficie (32b) superior de la tapa (32) térmica está en contacto con la superficie inferior del protector (33) de tapa plano con plano. Por tanto, puede sujetarse un conducto de activación, de modo que la varilla (4) simiente de silicio puede calentarse ciertamente incluso si la parte de extremo inferior del elemento (31) portador de varilla simiente no está en contacto con la superficie (32e) inferior de la parte (32c) hueca de la tapa (32) térmica debido a la irregularidad de la superficie de extremo inferior del elemento (31) portador de varilla simiente o la superficie (32e) inferior de la parte (32c) hueca de la tapa (32) térmica por una mala fabricación.

Los elementos para fijar el portaelectrodo (20) al elemento (31) portador de varilla simiente se ensamblan a partir de dos elementos, es decir, la tapa (32) térmica y el protector (33) de tapa. Por tanto, puede reducirse la deformación térmica por la diferencia de temperatura entre la parte superior altamente calentada y la parte inferior refrigerada en la varilla de silicio, de modo que se impide que la varilla de silicio S se rompa.

Tal como se describió anteriormente, según el aparato de fabricación de silicio policristalino, la tapa (32) térmica que está compuesta por carbono y no es necesario refrigerar, se dispone entre el portaelectrodo (20) refrigerado por el medio refrigerante y el elemento (31) portador de varilla simiente que porta la varilla (4) simiente de silicio. Por tanto, el elemento (31) portador de varilla simiente no se refrigera fácilmente por el portaelectrodo (20), de modo que la varilla (4) simiente de silicio puede calentarse de manera segura hasta alta temperatura.

Además, puesto que la tapa (32) térmica y el protector (33) de tapa se atornillan con el elemento (31) portador de varilla simiente como una doble tuerca, el elemento (31) portador de varilla simiente puede fijarse firmemente a la tapa (32) térmica.

Además, si se deposita el silicio policristalino sobre la parte inferior del elemento (31) portador de varilla simiente, se adhiere menos silicio policristalino a la tapa (32) térmica puesto que la tapa (32) térmica está cubierta por el protector (33) de tapa. Por tanto, la tapa (32) térmica puede reutilizarse fácilmente. Además, mediante el protector (33) de tapa, la tapa (32) térmica puede protegerse frente a la rotura cuando se separa el silicio policristalino.

Por ejemplo, la forma de la tapa térmica es sustancialmente columnar circular en la realización anterior. Sin embargo, la tapa térmica puede formarse como una columna multiangular tal como una columna rectangular, una columna hexagonal, o similares.

La superficie superior del protector de tapa es una cara plana en la realización anterior. Sin embargo, la superficie superior del protector de tapa puede realizarse como superficie deprimida, por ejemplo, una superficie en forma de cono. Si el protector de tapa tiene una superficie superior en forma de cono deprimida, la temperatura del espacio deprimido puede elevarse fácilmente puesto que el calor se acumula allí. Por tanto, puede depositarse silicio policristalino suficientemente sobre la parte de base de la parte portadora de varilla simiente.

El protector de tapa puede ser mayor que el diámetro externo de la tapa térmica y cubre la tapa térmica. En este caso, se impide que el silicio policristalino depositado se adhiera a la tapa térmica, de modo que la tapa térmica puede reutilizarse fácilmente.

En la realización anterior, se describe el caso en el que se aplica la presente solicitud a la estructura que porta una varilla simiente de silicio en la parte de extremo superior del portaelectrodo. Sin embargo, la presente solicitud puede aplicarse a una estructura de otro tipo de portaelectrodo que se ramifica en dos partes en la parte superior y porta dos varillas simiente de silicio.

REIVINDICACIONES

1. Aparato de fabricación de silicio policristalino mediante el suministro de gas de material de partida a una varilla (4) simiente de silicio calentada proporcionada de manera vertical en un reactor (1) de modo que se deposite el silicio policristalino sobre una superficie de la varilla (4) simiente de silicio, teniendo el aparato de fabricación:
- 5
- un electrodo (30) que porta la varilla (4) simiente de silicio y está compuesto por carbono; y un portaelectrodo (20) que se inserta y mantiene en un agujero (16) pasante formado en una parte (2) de placa inferior del reactor (1), y que porta el electrodo (30),
- 10
- caracterizándose el aparato de fabricación porque:
- un conducto (27) de refrigerante en el que fluye medio refrigerante en el mismo se forma en el portaelectrodo (20), y el electrodo (30) comprende:
- 15
- un elemento (31) portador de varilla simiente columnar que porta una parte de extremo inferior de la varilla (4) simiente de silicio;
- 20
- una tapa (32) térmica que se proporciona entre el elemento (31) portador de varilla simiente y el portaelectrodo (20), y que tiene una parte (32a) hueca en la que una parte de extremo inferior del elemento (31) portador de varilla simiente se inserta de modo que se mantenga en la misma; y
- 25
- un protector (33) de tapa que tiene una forma de placa similar a un anillo, que cubre una superficie superior de la tapa térmica, y en el que se forma un agujero pasante en el que penetra el elemento (31) portador de varilla simiente.
2. Aparato de fabricación de silicio policristalino según la reivindicación 1, en el que se forma una parte (31a) de tornillo macho en una superficie periférica externa del elemento (31) portador de varilla simiente, y se forman tornillos hembra que se atornillan junto con la parte (31a) de tornillo macho en superficies periféricas internas de la parte (32a) hueca de la tapa (32) térmica y el agujero (33a) pasante del protector (33) de tapa.
- 30

FIG. 1

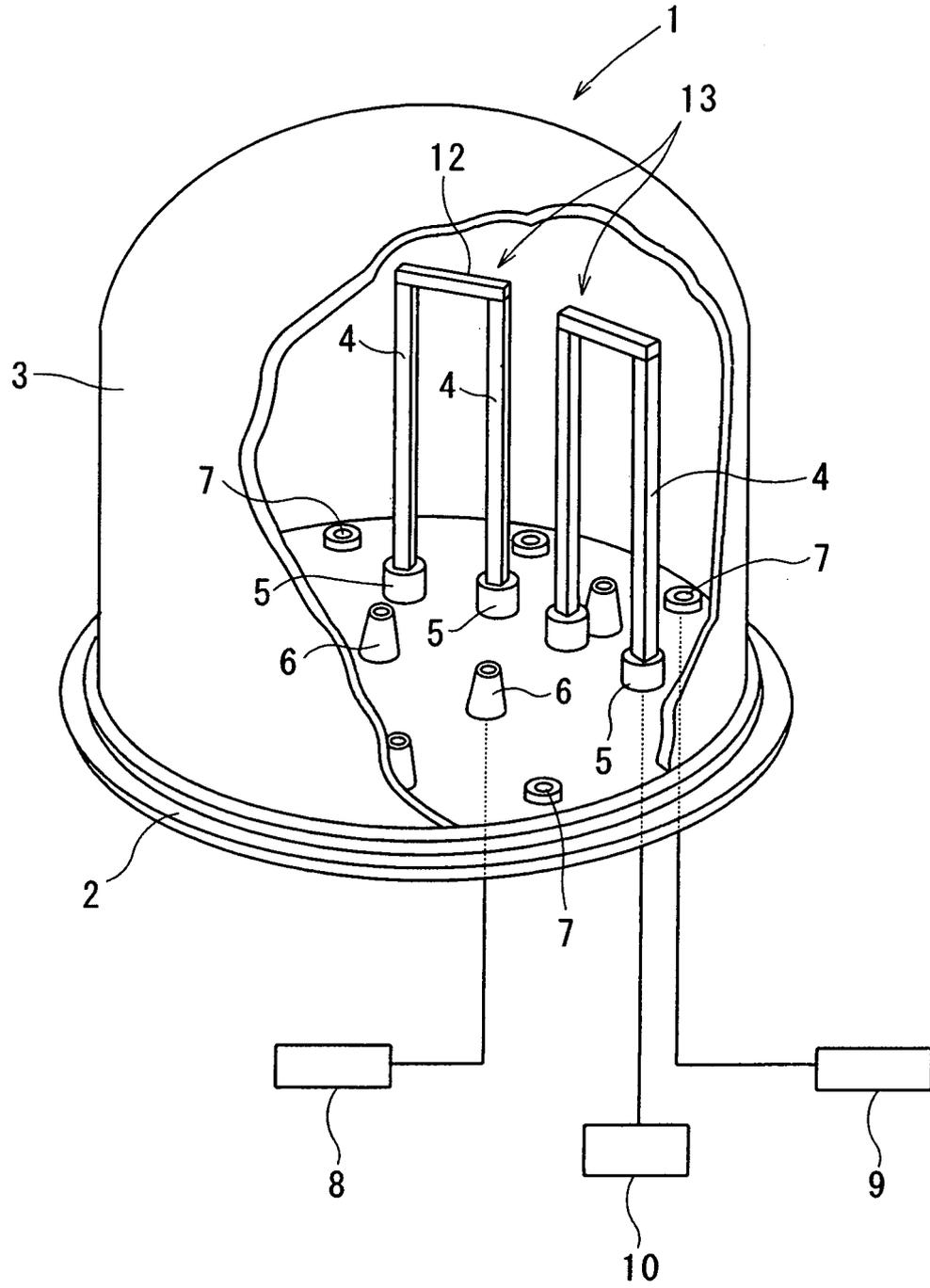


FIG. 2

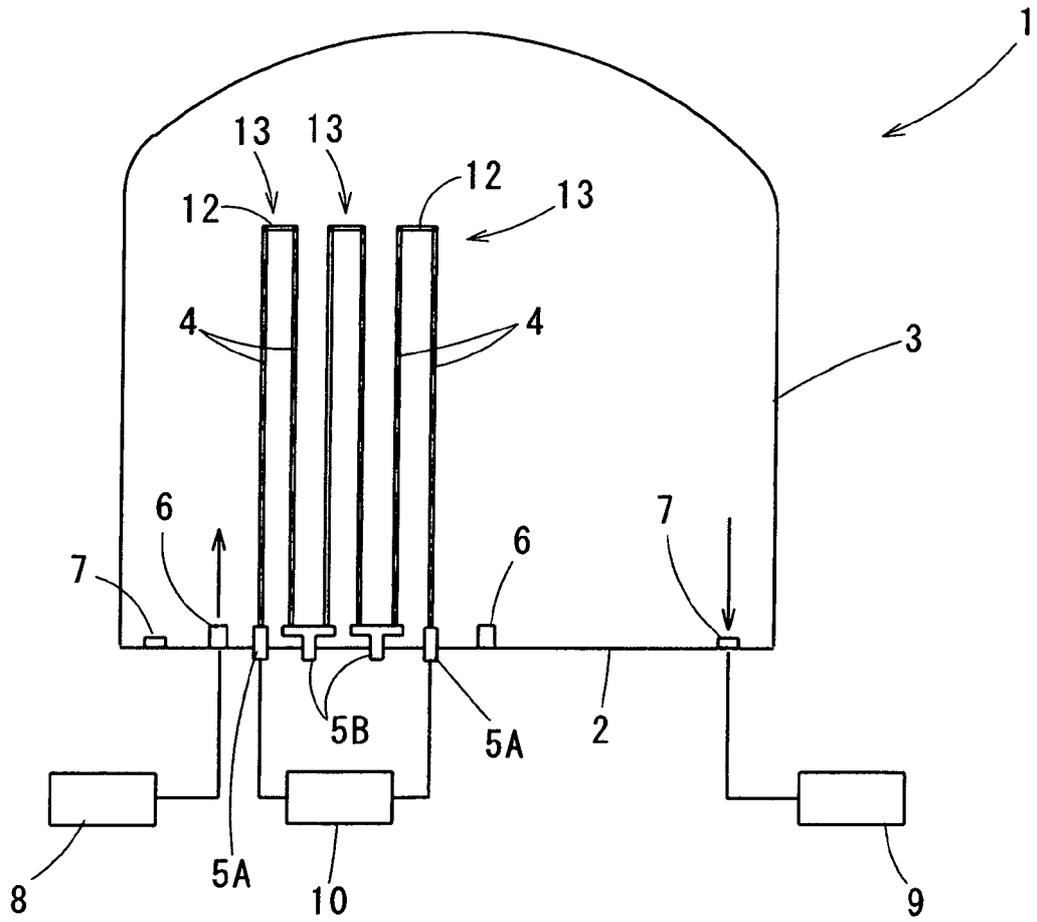


FIG. 3

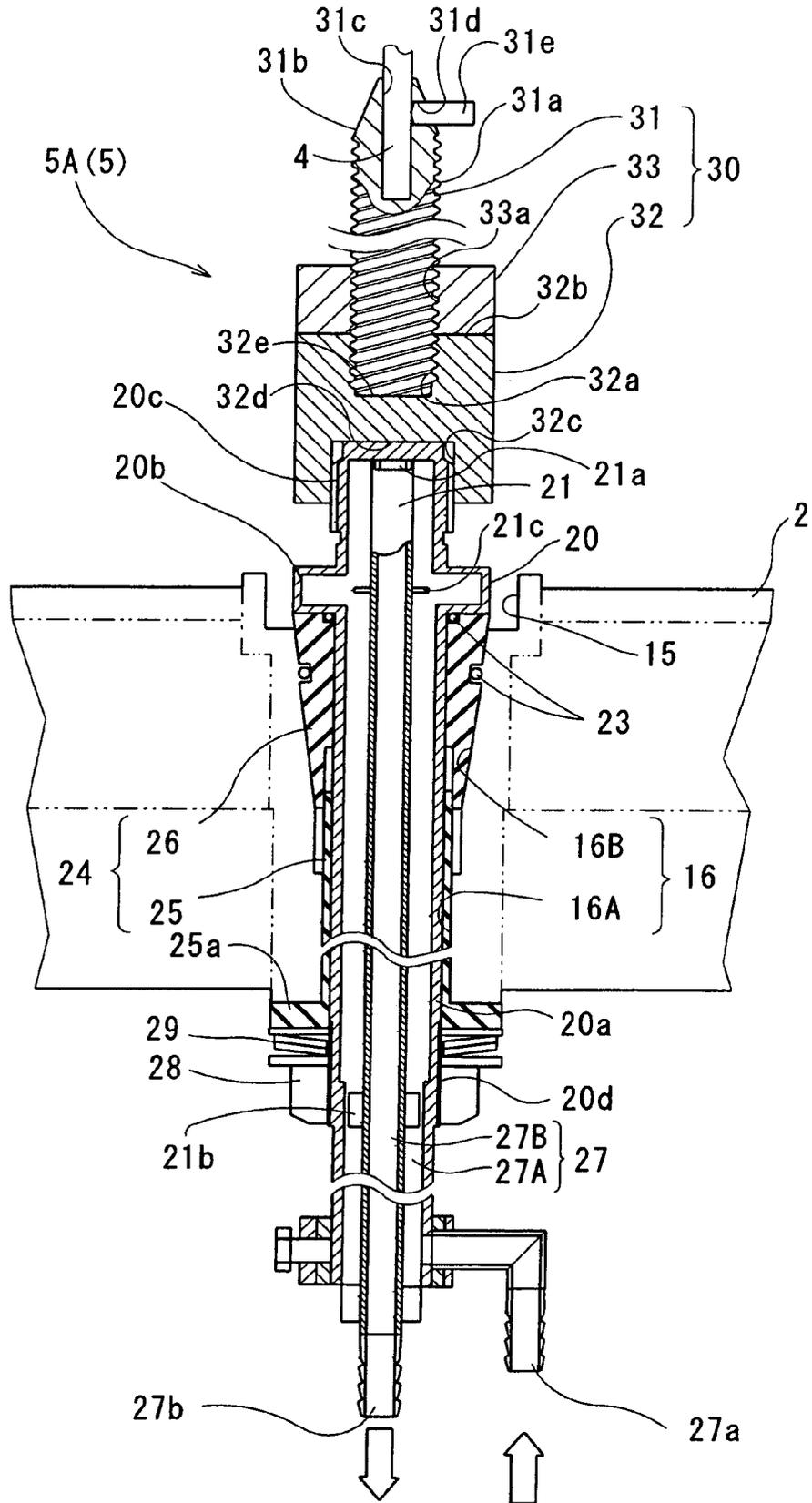


FIG. 4

