

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 391 438**

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

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **09163297 .6**
96 Fecha de presentación: **19.06.2009**
97 Número de publicación de la solicitud: **2138459**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **30.12.2009**

54 Título: **Aparato para producir silicio policristalino**

30 Prioridad:
24.06.2008 JP 2008164298
05.06.2009 JP 2009135831

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
26.11.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
26.11.2012

73 Titular/es:
MITSUBISHI MATERIALS CORPORATION
(100.0%)
3-2, Otemachi 1-chome Chiyoda-ku
Tokyo , JP

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

74 Agente/Representante:
VEIGA SERRANO, Mikel

ES 2 391 438 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 para producir silicio policristalino

5 **Sector de la técnica**

La presente invención se refiere a un aparato para producir silicio policristalino que deposita silicio policristalino sobre la superficie de una barra de simiente de silicio calentada para producir una barra de silicio policristalino. Se reivindica prioridad de la solicitud de patente japonesa n.º 2008-164298, presentada el 24 de junio de 2008, y la solicitud de patente japonesa n.º 2009-135831, presentada el 5 de junio de 2009.

10 **Estado de la técnica**

Se conoce un aparato que emplea el método Siemens como aparato para producir silicio policristalino. En el aparato para producir silicio policristalino usando el método Siemens, una cantidad de barras de simiente de silicio están dispuestas en el reactor. Se calientan las barras de simiente de silicio en el reactor, y se suministra gas de materia prima incluyendo una mezcla de gas de gas de clorosilano y gas de hidrógeno al reactor para entrar en contacto con las barras de simiente de silicio calentadas. Sobre una superficie de una barra de simiente de silicio, se produce silicio policristalino mediante una reacción de reducción de hidrógeno y una reacción de descomposición térmica del gas de materia prima.

En un aparato de este tipo para producir silicio policristalino, las barras de simiente de silicio están dispuestas para disponerse en vertical sobre los electrodos dispuestos en una parte inferior interna del reactor. A continuación, se aplica una corriente eléctrica a las barras de simiente de silicio desde los electrodos, y las barras de simiente de silicio generan calor mediante su resistencia. En este momento, el gas de materia prima que se lanza a modo de chorro desde abajo entra en contacto con las superficies de las barras de simiente de silicio para formar barras de silicio policristalino. Está prevista una pluralidad de los electrodos que soportan las barras de simiente de silicio para distribuirse sobre casi toda la región de la cara inferior interna del reactor, y tal como se describe en la publicación de patente japonesa sin examinar n.º 2007-107030, se proporciona en orificios pasantes de una placa inferior del reactor para rodearse por un material de aislamiento anular.

En el aparato para producir silicio policristalino descrito anteriormente, la temperatura del gas en el reactor se eleva a de 500 a 600°C a un máximo. Por tanto, los soportes de electrodos que soportan electrodos se enfrían haciendo circular agua de enfriamiento en los soportes de electrodos. Sin embargo, como el material de aislamiento proporcionado entre los orificios pasantes de una placa inferior del reactor y los soportes de electrodos no pueden enfriarse directamente, su forma puede dañarse debido al calor en el reactor, que puede provocar un deterioro de la función de aislamiento. En este caso, si se usa un material de aislamiento a base de cerámica, existe la posibilidad de que el material de aislamiento se dañe, como el material de aislamiento no puede absorber la diferencia de expansión térmica entre la placa inferior del reactor y el soporte de electrodos.

40 **Objeto de la invención**

La presente invención se ideó en vista de un problema de este tipo, y un objeto de la presente invención es proporcionar un aparato para producir silicio policristalino que pueda absorber la diferencia de expansión térmica entre una placa inferior de un reactor y los soportes de electrodos, y pueda realizar un aislamiento excelente.

El aparato para producir silicio policristalino de la presente invención es tal como se define en la reivindicación 1. Incluye un reactor al que se suministra un gas de materia prima, y una barra de simiente de silicio calentada en el reactor, y deposita silicio policristalino sobre la superficie de la barra de simiente de silicio. El aparato para producir silicio policristalino de la presente invención tiene un electrodo, un soporte de electrodos, y un material de aislamiento anular. El electrodo se extiende en una dirección vertical para soportar la barra de simiente de silicio. El soporte de electrodos tiene un conducto de flujo de enfriamiento formado en el mismo en el que circula un medio de enfriamiento, y el soporte de electrodos está insertado en un orificio pasante formado en una placa inferior del reactor para soportar el electrodo. El material de aislamiento anular se dispone entre una superficie periférica interna del orificio pasante y una superficie periférica externa del soporte de electrodos para aislar eléctricamente la placa inferior y el soporte de electrodos entre sí. Además, en el aparato para producir silicio policristalino de la presente invención, una superficie periférica externa del soporte de electrodos está dotada de una parte de diámetro aumentado que entra en contacto con al menos una parte de una cara superior de un extremo superior del material de aislamiento anular y tiene una parte del conducto de flujo de enfriamiento formada en el mismo.

Es decir, la cara superior del extremo superior del material de aislamiento anular en el estado insertado en la placa inferior del reactor se dirige hacia el interior del reactor. Por tanto, si el material de aislamiento se mantiene en el estado de estar expuesto al reactor desde un espacio entre la superficie periférica interna del orificio pasante y el soporte de electrodos, el calor radiante desde la barra de simiente de silicio o similar con el reactor actuará directamente sobre el extremo superior del material de aislamiento anular a través de la superficie periférica interna del orificio pasante y el soporte de electrodos. En esta presente invención, el soporte de electrodos se dota de una

parte de diámetro aumentado que entra en contacto con al menos una parte de la cara superior del extremo superior del material de aislamiento anular, por lo que el soporte de electrodos absorbe el calor radiante dirigido a la cara superior. Por tanto, puede reducirse el calor radiante que actúa directamente sobre el material de aislamiento anular. Además, como el medio de enfriamiento también circula a través de la parte de diámetro aumentado, puede mejorarse el efecto de enfriamiento sobre el material de aislamiento anular.

En el aparato para producir silicio policristalino de la presente invención, preferiblemente, la parte de diámetro aumentado cubre toda la cara superior del extremo superior del material de aislamiento anular. En este caso, como la parte de diámetro aumentado se proporciona para cubrir toda la cara superior del extremo superior del material de aislamiento anular por lo que el calor radiante desde el reactor se interrumpe mediante la parte de diámetro aumentado, el material de aislamiento anular puede protegerse de manera más eficaz del calor radiante. Adicionalmente, como toda la cara superior del extremo superior del material de aislamiento anular se enfría mediante la parte de diámetro aumentado, puede evitarse de manera más eficaz el deterioro de la forma y la función de aislamiento del material de aislamiento anular.

En el aparato para producir silicio policristalino de la presente invención, preferiblemente, el medio de enfriamiento enfría la parte de diámetro aumentado, y a continuación enfría las proximidades del electrodo. En este caso, el medio de enfriamiento que circula a través del interior del soporte de electrodos enfría la parte de diámetro aumentado de una temperatura relativamente baja, y a continuación enfría las proximidades del electrodo de una temperatura relativamente alta, de modo que la parte de diámetro aumentado puede mantenerse a una baja temperatura. Por tanto, puede evitarse de manera eficaz que la temperatura del material de aislamiento anular alcance una alta temperatura.

En el aparato para producir silicio policristalino de la presente invención, preferiblemente, el conducto de flujo de enfriamiento tiene un conducto de flujo periférico externo a través del que se hace circular el medio de enfriamiento en una parte periférica externa en el soporte de electrodos hacia su extremo superior a lo largo de la dirección longitudinal del soporte de electrodos, y un conducto de flujo periférico interno a través del que se hace circular el medio de enfriamiento dentro del conducto de flujo periférico externo hacia el extremo inferior del soporte de electrodos a lo largo de la dirección longitudinal, y una parte del conducto de flujo periférico externo se forma en la parte de diámetro aumentado. En este caso, el medio de enfriamiento se hace circular en la parte periférica externa en el soporte de electrodos hacia el extremo superior del soporte de electrodos, y a continuación se hace circular dentro del conducto de flujo periférico externo hacia el extremo inferior del soporte de electrodos, de modo que el soporte de electrodos pueda enfriarse de manera eficaz en su extremo superior.

En el aparato para producir silicio policristalino de la presente invención, preferiblemente, el material de aislamiento anular está hecho de resina que tiene elasticidad. En este caso, se evita un daño en el material de aislamiento anular provocado por la diferencia de expansión térmica entre la placa inferior y el soporte de electrodos, la diferencia de expansión térmica entre la placa inferior y el soporte de electrodos se absorbe mediante un aislador anular, y se evita el desplazamiento de la barra de simiente de silicio y el daño en el silicio policristalino depositado.

Según el aparato para producir silicio policristalino de la presente invención, la parte de diámetro aumentado proporcionada en el soporte de electrodos interrumpe el calor radiante desde la barra de simiente de silicio al material de aislamiento anular, y enfría el material de aislamiento anular. Por tanto, el material de aislamiento anular puede protegerse de manera eficaz del calor en el momento de reacción, y el aislamiento y la elasticidad del material de aislamiento anular pueden mantenerse de manera fiable. Por consiguiente, puede usarse resina sintética o similar como material de aislamiento anular, y puede mantenerse la solidez de todo el aparato de modo que la diferencia de expansión térmica pueda absorberse mientras se garantiza el aislamiento entre la placa inferior y el electrodo.

Descripción de las figuras

La figura 1 es una vista en perspectiva parcialmente en corte transversal de una campana de un reactor.

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

La figura 3 es una vista en sección ampliada que muestra una unidad de electrodo para una barra de simiente de silicio del reactor mostrado en la figura 2.

La figura 4 es una vista en sección ampliada que muestra las partes esenciales de una unidad de electrodo para dos barras de simiente de silicio del reactor mostrado en la figura 2.

Descripción detallada de la invención

A continuación, se describirán realizaciones de un aparato para producir silicio policristalino de la presente invención con referencia a los dibujos.

[Primera realización]

La figura 1 es una vista global del aparato para producir silicio policristalino al que se aplica la presente invención. Un reactor (1) del aparato para producir silicio policristalino incluye una placa (2) inferior que constituye un fondo de reactor, y una campana (3) en forma de copa invertida unida de manera separable en la placa (2) inferior. La cara superior de la placa (2) inferior está formada en un plano horizontal sustancialmente plano. Como la campana (3) tiene forma de copa invertida en conjunto, y el techo de la campana tiene forma de cúpula, el espacio interno de la campana está formado de modo que su parte central es la más alta y su parte periférica externa es la más baja. Adicionalmente, la placa (2) inferior y la pared de la campana (3) tienen una estructura de camisa (no mostrada), y se enfrían con agua de enfriamiento.

La placa (2) inferior está dotada de una pluralidad de unidades (5) de electrodo a la que se unen las barras (4) de simiente de silicio, una pluralidad de toberas (6) de chorro (orificios de suministro de gas) para lanzar a chorro un gas de materia prima que incluye un gas de clorosilano y un gas de hidrógeno al reactor, y una pluralidad de orificios (7) de descarga de gas para descargar el gas tras la reacción hacia el exterior del reactor.

La pluralidad de toberas (6) de chorro para el gas de materia prima se distribuyen a intervalos adecuados por la mayor parte de la cara superior de la placa (2) inferior del reactor (1) de modo que el gas de materia prima pueda suministrarse uniformemente a cada una de las barras (4) de simiente de silicio. Las toberas (6) de chorro están conectadas a una fuente (8) de suministro de gas de materia prima fuera del reactor (1). Adicionalmente, la pluralidad de orificios (7) de descarga de gas se fijan a intervalos adecuados en una dirección circunferencial en las proximidades de una parte periférica externa en la placa (2) inferior, y están conectados a un sistema (9) de procesamiento de gas de escape. Un circuito (10) de suministro de energía está conectado a las unidades (5) de electrodo. La placa (2) inferior tiene una estructura de camisa, y su interior está formado con un conducto de flujo de enfriamiento (no mostrado).

Las barras (4) de simiente de silicio se fijan en un estado en el que sus extremos inferiores se insertan en las unidades (5) de electrodo, respectivamente, y de este modo se extienden hacia arriba para disponerse en vertical. Un elemento (12) de conexión corto está unido a los extremos superiores de cada dos de las barras (4) de simiente de silicio para conectarlas entre sí como un par. El elemento (12) de conexión también está hecho del mismo silicio que las barras (4) de simiente de silicio. Un conjunto (13) de simiente está montado mediante estas dos barras (4) de simiente de silicio y el elemento (12) de conexión que las conecta entre sí para tener una forma sustancialmente en Π (forma de U invertida) en conjunto. Como las unidades (5) de electrodo están dispuestas de manera concéntrica desde el centro del reactor (1), unos conjuntos (13) de simiente están dispuestos sustancialmente de manera concéntrica desde el centro del reactor (1).

Específicamente, tal como se muestra en la figura 2, unas unidades (5A) de electrodo para una barra de simiente de silicio que soportan una barra (4) de simiente de silicio y unas unidades (5B) de electrodo para dos barras de simiente de silicio que soportan dos barras (4) de simiente de silicio están dispuestas como unidades (5) de electrodo en el reactor (1). Las unidades (5A) de electrodo para una barra de simiente de silicio y las unidades (5B) de electrodo para dos barras de simiente de silicio, tal como se muestra en la figura 2, pueden conectar tres grupos de conjuntos (13) de simiente en serie como una unidad. En este momento, una unidad (5A) de electrodo para una barra de simiente de silicio, dos unidades (5B) de electrodo para dos barras de simiente de silicio, y una unidad (5A) de electrodo para una barra de simiente de silicio están en fila en este orden desde un extremo de una fila de unidades. En este caso, están previstos tres grupos de conjuntos (13) de simiente para desplazarse por cuatro unidades (5A) y (5B) de electrodo. Cada una de las barras (4) de simiente de silicio que forman un conjunto (13) de simiente se soporta por unidades (5) de electrodo diferentes adyacentes, respectivamente. Es decir, una de las dos barras (4) de simiente de silicio del conjunto (13) de simiente se soporta en la unidad (5A) de electrodo para una barra de simiente de silicio, y una barra (4) de simiente de silicio de cada uno de dos grupos de conjuntos (13) de simiente se soporta en la unidad (5B) de electrodo para dos barras de simiente de silicio. Un cable de alimentación está conectado a las unidades (5A) de electrodo para una barra de simiente de silicio en ambos extremos de la fila de modo que una corriente eléctrica fluya a las mismas. En este momento, en la unidad (5B) de electrodo para dos barras de simiente de silicio, una corriente eléctrica fluye entre ambos electrodos (47) a través de una parte (42) de brazo (hágase referencia a la figura 4).

Tal como se describió anteriormente, se usan dos clases de electrodos, y se proporcionan la unidad (5A) de electrodo para una barra de simiente de silicio que soporta una barra (4) de simiente de silicio, y la unidad (5B) de electrodo para dos barras de simiente de silicio que soporta cada dos barras (4) de simiente de silicio. De este modo, puede reducirse el número de unidades de electrodo (por ejemplo, aproximadamente 2/3) en comparación con un caso en el que todas las barras de silicio se soportan de una en una. En un caso en el que el número de unidades de electrodo es pequeño, también puede reducirse el número de orificios pasantes formados en la placa (2) inferior del reactor (1), y la placa (2) inferior puede mantenerse como estructura rígida. Adicionalmente, como varias barras (4) de simiente de silicio pueden soportarse por un pequeño número de unidades de electrodo, pueden disponerse varias barras (4) de simiente de silicio en el reactor (1), y puede aumentarse la productividad. Adicionalmente, como se reduce el número de unidades de electrodo, también pueden reducirse las tuberías de

enfriamiento o cables de alimentación que se dispondrán debajo de la placa (2) inferior, y mejora su funcionalidad de mantenimiento.

5 A continuación, se describirá en detalle la estructura de cada unidad de electrodo. En primer lugar, se describirá la unidad (5A) de electrodo para una barra de simiente de silicio que soporta una barra (4) de simiente de silicio. Tal como se muestra en la figura 3, la unidad (5A) de electrodo incluye un soporte (22) de electrodos y un electrodo (23). El soporte (22) de electrodos está previsto en el estado insertado en un orificio (21) pasante formado en la placa (2) inferior del reactor (1), y el electrodo (23) está previsto en el extremo superior del soporte (22) de electrodos para soportar la barra (4) de simiente de silicio.

10 El soporte (22) de electrodos, tal como se muestra en la figura 3, tiene forma de barra, y está hecho de un material conductor, tal como acero inoxidable. El soporte (22) de electrodos se forma integrando una parte (24) de barra recta, una parte (25) de diámetro aumentado en forma de disco hueco, y una parte (26) de rosca macho. La parte (24) de barra recta está insertada en el orificio (21) pasante a lo largo de una dirección vertical. La parte (25) de diámetro aumentado en forma de disco hueco está formada de manera coaxial en el extremo superior de la parte (24) de barra recta, y la parte (25) de diámetro aumentado tiene un diámetro más grande que el de la parte (24) de barra. Un espacio (25a) en forma de anillo está formado en la parte (25) de diámetro aumentado de manera coaxial con el soporte (22) de electrodos, y el espacio (25a) tiene un diámetro externo más grande que el diámetro máximo de la parte (24) de barra. La parte (26) de rosca macho sobresale más hacia arriba de la cara superior de la parte (25) de diámetro aumentado. Adicionalmente, debajo de la parte (24) de barra, una parte (28) de rosca macho está formada en una posición en la que sobresale de la placa (2) inferior.

25 El soporte (22) de electrodos está formado en una forma hueca. Dentro del soporte (22) de electrodos, un tubo (30) interno, que tiene un diámetro externo más pequeño que el diámetro interno del soporte (22) de electrodos y divide el interior del soporte (22) de electrodos en un espacio periférico externo y un espacio periférico interno (núcleo), está previsto de manera coaxial con el soporte (22) de electrodos. El extremo superior del tubo (30) interno hace tope con la superficie interna del extremo superior del soporte (22) de electrodos, y este extremo superior está formado con una abertura (30a) que permite que la parte interior y la parte exterior del tubo (30) interno se comuniquen entre sí. De este modo se forma un conducto (27) de flujo de enfriamiento, adaptado de manera que un conducto (27A) de flujo periférico externo formado entre el tubo (30) interno y el soporte (22) de electrodos y un conducto (27B) de flujo periférico interno formado en el tubo (30) interno se comunican entre sí mediante la abertura (30a), desde la parte (24) de barra a la parte (26) de rosca macho dentro del soporte (22) de electrodos. Un medio de enfriamiento circula a través del conducto (27) de flujo de enfriamiento.

35 Un placa (31) de anillo está prevista en una superficie periférica externa del tubo (30) interno para que sea sustancialmente ortogonal al tubo (30) interno en una posición correspondiente al espacio (25a) en la parte (25) de diámetro aumentado. Por medio de la placa (31) de anillo, la dirección de circulación del medio de enfriamiento que circula a través del conducto (27A) de flujo periférico externo se guía al interior del espacio (25a) en la parte (25) de diámetro aumentado. Un espaciador (32) en forma de placa que garantiza el espaciado entre la superficie periférica interna del soporte (22) de electrodos y la superficie periférica externa del tubo (30) interno en una posición correspondiente a la parte (28) de rosca macho, está previsto además en la superficie periférica externa del tubo (30) interno para extenderse a lo largo de la dirección de eje del tubo (30) interno.

45 Mientras tanto, el orificio (21) pasante de la placa (2) inferior en un estado en el que está insertado el soporte (22) de electrodos incluye una parte (21A) recta inferior y una parte (21B) de sección decreciente superior cuyo diámetro aumenta gradualmente hacia arriba. La parte (21A) recta está formada para tener un diámetro interno más grande que el diámetro externo de la parte (24) de barra del soporte (22) de electrodos. De este modo, se forma un espacio (25a) en forma de anillo alrededor de la parte (24) de barra. La parte (21B) de sección decreciente se forma con un ángulo de inclinación de, por ejemplo, 5° a 15° con respecto a un eje vertical. Una abertura de un extremo superior de la parte (21B) de sección decreciente se forma con un contratulado (33) cuyo diámetro aumenta más que el diámetro interno máximo de la parte (21B) de sección decreciente.

55 Un material (34) de aislamiento anular está previsto entre la superficie periférica interna del orificio (21) pasante y la parte (24) de barra del soporte (22) de electrodos para rodear el soporte (22) de electrodos. El material (34) de aislamiento anular está formado de resina de aislamiento de alto punto de fusión que tiene elasticidad, tal como resina a base de flúor representada por, por ejemplo, politetrafluoroetileno (PTFE) y perfluoroalcoialcano (PFA). El material (34) de aislamiento anular incluye dos elementos de un manguito (35) con un collar que va a insertarse en la parte (21A) recta del orificio (21) pasante, y un elemento (36) cónico dispuesto en la parte (21B) de sección decreciente del orificio (21) pasante. Por ejemplo, el PTFE que va a usarse como material del material (34) de aislamiento anular tiene un punto de fusión (norma ASTM: D792) de 327°C, y un módulo elástico en flexión (norma ASTM: D790) de 0,55 GPa, un módulo de elasticidad a la tensión (norma ASTM: D638) de 0,44 GPa a 0,55 GPa, y un coeficiente lineal de expansión (norma ASTM: D696) de $10 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$.

65 El elemento (36) cónico tiene una superficie externa formada en una forma de sección decreciente del mismo ángulo de inclinación que la superficie periférica interna de la parte (21B) de sección decreciente del orificio (21) pasante. El elemento (36) cónico se inserta en el orificio (21) pasante desde la parte superior de la placa (2) inferior, y está

hecho para hacer tope con la superficie interna de la parte (21B) de sección decreciente del orificio (21) pasante. La cara inferior de la parte (25) de diámetro aumentado del soporte (22) de electrodos hace tope con la cara superior de un extremo superior del elemento (36) cónico. La parte (25) de diámetro aumentado se fija para tener un diámetro externo que es casi igual al diámetro externo máximo del elemento (36) cónico, es decir, el diámetro externo de la cara superior del extremo superior del elemento (36) cónico, y cubre toda la cara superior del elemento (36) cónico (material (34) de aislamiento anular). Cuando la distancia entre la parte (25) de diámetro aumentado y la cara lateral del contrataladro (33) es lo suficientemente más grande para evitar un cortocircuito entre la parte (25) de diámetro aumentado y la cara lateral del contrataladro (33), es preferible que el diámetro externo de la parte (25) de diámetro aumentado sea ligeramente más grande que el diámetro externo de la cara superior del extremo superior del elemento (36) cónico para mejorar el efecto de enfriamiento en el material de aislamiento anular. Cuando la distancia entre la parte (25) de diámetro aumentado y la cara lateral del contrataladro (33) es pequeña, es preferible que el diámetro externo de la parte (25) de diámetro aumentado sea ligeramente más pequeño que el diámetro externo de la cara superior del extremo superior del elemento (36) cónico para evitar un cortocircuito entre la parte (25) de diámetro aumentado y la cara lateral del contrataladro (33). Respectivamente están previstas unas juntas (43) tóricas en la parte periférica interna de la superficie de extremo superior y la superficie periférica externa del elemento (36) cónico. La estanqueidad al aire entre el elemento (36) cónico y el soporte (22) de electrodos, y la estanqueidad al aire entre el elemento (36) cónico y la placa (2) inferior, es decir, la estanqueidad al aire en el orificio (21) pasante del reactor (1), se mantienen por las juntas (43) tóricas.

El manguito (35) con un collar está insertado en la parte (21A) recta de modo que una parte (37) de collar formada de manera solidaria en uno de sus extremos inferiores hace tope con la superficie posterior de la placa (2) inferior del reactor (1). La cara superior de la parte (37) de collar se presiona contra la superficie posterior de la placa (2) inferior mediante una tuerca (38) enroscada en la parte (28) de rosca macho del soporte (22) de electrodos. Un par de arandelas (39a) de anillo y un resorte (39b) de disco están dispuestos entre la cara inferior de la parte (37) de collar y la tuerca (38), estando dispuesto el resorte (39b) de disco entre el par de arandelas (39a) de anillo. Mientras que la cara superior de la parte (37) de collar se presiona contra la superficie posterior de la placa (2) inferior mediante una tuerca (38), la intensidad de la presión se ajusta apropiadamente mediante el resorte (39b) de disco. Es preferible que las arandelas (39a) de anillo estén hechas de acero inoxidable (SUS304), y es preferible que el resorte (39b) de disco esté hecho de acero inoxidable (SUS631). Como la distancia entre la parte (25) de diámetro aumentado y la tuerca (38) se hace corta apretando la tuerca (38), se tira del soporte (22) de electrodos hacia abajo con respecto a la placa (2) inferior, y el elemento (34) aislado anular está intercalado entre la parte (25) de diámetro aumentado y la tuerca (38). Además, la superficie periférica externa del elemento (36) cónico se presiona contra la superficie periférica interna de la parte (21B) de sección decreciente del orificio (21) pasante mediante la fuerza de intercalación, y el material (34) de aislamiento anular y el soporte (22) de electrodos se fijan de manera solidaria a la placa (2) inferior. En este momento, mientras que se comprueba la altura de la cara inferior de la parte (25) de diámetro aumentado del soporte (22) de electrodos desde la cara inferior del contrataladro (33), una parte inferior de la parte (25) de diámetro aumentado se acerca a la placa (2) inferior. En este momento, se ajusta la cantidad de enroscado de la tuerca (38) para impedir un cortocircuito eléctrico entre una parte inferior de la parte (25) de diámetro aumentado y la placa (2) inferior. Mediante la deformación elástica del resorte (39b) de disco y el material (34) de aislamiento anular (el manguito (35) con un collar y el elemento (36) cónico hecho de resina), se permite el desplazamiento relativo en la dirección vertical entre el soporte (22) de electrodos y la placa (2) inferior. Por consiguiente, se absorbe la diferencia de expansión térmica entre el soporte (22) de electrodos y la placa (2) inferior.

En este estado fijo, el extremo superior del elemento (36) cónico del material (34) de aislamiento anular sobresale ligeramente hacia arriba desde el extremo superior de la parte (21B) de sección decreciente del orificio (21) pasante, y se hace que se oriente al contrataladro (33). Por este motivo, se establece que el elemento (36) cónico tenga un diámetro externo más grande que el diámetro externo máximo de la parte (21B) de sección decreciente en su extremo superior para sobresalir de la cara inferior del contrataladro (33) y para no sobresalir hacia arriba desde el extremo superior del contrataladro (33).

Mientras tanto, el electrodo (23) está formado en forma de columna en su totalidad y está hecho de carbono o similar. El electrodo (23) tiene una parte (43) de rosca hembra, que se enrosca en la parte (26) de rosca macho del soporte (22) de electrodos, en su extremo inferior, y tiene un orificio (23a), que fija la barra (4) de simiente de silicio en un estado insertado, en su extremo superior, y el orificio (23a) está formado a lo largo de un centro axial.

Se describirá el conducto (27) de flujo de enfriamiento formado en la unidad (5A) de electrodo para una barra de simiente de silicio. Tal como se muestra en la figura 3, un medio de enfriamiento fluye al interior del conducto (27A) de flujo periférico externo a través de una entrada (127A) prevista en la parte inferior del soporte (22) de electrodos, y circula hacia arriba. A continuación, el medio de enfriamiento se guía mediante la placa (31) de anillo para circular a través del espacio (25a) en la parte (25) de diámetro aumentado, y entonces alcanza el interior de la parte (26) de rosca macho, es decir, las proximidades del electrodo (23). Cuando el interior del conducto (27A) de flujo periférico externo se llena del medio de enfriamiento hasta que el medio de enfriamiento entra en contacto con la superficie interna del extremo superior del soporte (22) de electrodos, el medio de enfriamiento fluye al interior del tubo (30) interno desde la abertura (30a) prevista en el extremo superior del tubo (30) interno. A continuación, el medio de enfriamiento circula hacia abajo a través del interior del tubo (30) interno, es decir, el conducto (27B) de flujo periférico interno, y fluye al exterior del soporte (22) de electrodos desde una salida (127B) prevista en el extremo

inferior del tubo (30) interno. Es decir, el medio de enfriamiento enfría la parte (25) de diámetro aumentado a una temperatura relativamente baja mientras que circula a través del conducto (27A) de flujo periférico externo, y entonces, enfría las proximidades del electrodo (23) a una temperatura relativamente alta, y se descarga del soporte (22) de electrodos a través del conducto (27B) de flujo periférico interno.

5

[Segunda realización]

Se describirá la unidad (5B) de electrodo para dos barras de simiente de silicio. La unidad (5B) de electrodo para dos barras de simiente de silicio se muestra de una manera ampliada en la figura 4. La unidad (5B) de electrodo para dos barras de simiente de silicio tiene la misma configuración que la unidad (5A) de electrodo para una barra de simiente de silicio porque incluye un soporte (46) de electrodos previsto en el estado insertado en el orificio (21) pasante formado en la placa (2) inferior del reactor (1), y un electrodo (47) previsto en el extremo superior del soporte (46) de electrodos. La unidad (5B) de electrodo para dos barras de simiente de silicio es diferente de la unidad (5A) de electrodo para una barra de simiente de silicio porque el soporte (46) de electrodos está bifurcado en su extremo superior, y los electrodos (47) están previstos respectivamente en ambos extremos del soporte (46) de electrodos.

10

15

El soporte (46) de electrodos de la unidad (5B) de electrodo está configurado de manera que una parte (41) de barra en forma de barra, y una parte (42) de brazo ortogonal a un extremo superior de la parte (41) de barra están formadas de manera solidaria. El soporte (46) de electrodos está hecho de un material conductor, tal como acero inoxidable. Una parte (45) de diámetro aumentado anular hueca está unida a una posición media longitudinal de la parte (41) de barra. Adicionalmente, la misma parte (46a) de rosca macho que la parte (28) de rosca macho en la primera realización está formada en la posición de la parte (41) de barra que sobresale de la cara inferior de la placa (2) inferior.

20

25

Como el orificio (21) pasante (la parte (21a) recta y la parte (21B) de sección decreciente) de la placa (2) inferior en un estado en el que está insertado el soporte (46) de electrodos, el contrataladro (33) formado en la abertura del extremo superior de la parte (21B) de sección decreciente, el material (34) de aislamiento anular (el manguito (35) con un collar y el elemento (36) cónico) previsto entre la superficie periférica interna del orificio (21) pasante y la parte (41) de barra del soporte (46) de electrodos, el elemento (38) de tuerca enroscado en la parte (46a) de rosca macho de la parte (41) de barra, las arandelas (39a) de anillo, etc. tienen la misma configuración y efectos que la unidad (5A) de electrodo para una barra de simiente de silicio, se omitirá su descripción.

30

Las partes (42) de brazo del soporte (46) de electrodos se extienden horizontalmente en dirección derecha e izquierda desde el extremo superior de la parte (41) de barra, y el soporte (46) de electrodos está formado para tener forma de T. La parte (42) de brazo está formada con orificios (42a) roscados hembra que pasan por los extremos tanto derecho como izquierdo en una dirección vertical. Los electrodos (47) están enroscados en los orificios (42a) roscados hembra, y están expuestos a partes superiores de la parte (42) de brazo. Los elementos (44) de tuerca están unidos a la base de los electrodos (47) en la parte (42) de brazo. Los elementos (44) de tuerca están formados en forma de columna, y sus partes periféricas internas están formadas con partes de rosca hembra en las que están enroscados los electrodos (47). Es preferible que los elementos 44 de tuerca estén hechos de carbono o similar.

35

40

La parte (42) de brazo está formada con un espacio (42b) interno recto que se extiende en direcciones derecha e izquierda, y un espacio (42c) interno circular que rodea la periferia externa de los orificios (42a) roscados hembra en forma de C, y se comunica con el espacio (42b) interno recto. El espacio (42b) interno recto está dividido en partes superior e inferior mediante una tercera placa (48C) de división.

45

El espacio superior de la parte (41) de barra del soporte (46) de electrodos está dividido en un espacio (41c) izquierdo y un espacio (41d) derecho mediante una segunda placa (48B) de división que va a conectarse a la tercera placa (48C) de división. Una primera placa (48A) de división en forma de disco, que divide el interior de la parte (41) de barra en partes superior e inferior en una dirección sustancialmente ortogonal a la dirección de eje de la parte (41) de barra, está conectada a un extremo inferior de la segunda placa (48B) de división. La primera placa (48A) de división está formada con un orificio (148A) pasante abierto sólo a la derecha de la segunda placa (48B) de división. Además, la parte (41) de barra está formada con una primera abertura (41a) prevista debajo de la primera placa (48A) de división, y una segunda abertura (41b) prevista encima de la primera placa (48A) de división y opuesta a la primera abertura (41a) a 180° con el eje de la parte (41) de barra entremedias.

50

55

La parte (45) de diámetro aumentado es un elemento anular que se ajusta a una superficie periférica externa de la parte (41) de barra y de este modo forma un espacio (45b) anular en la superficie periférica externa de la parte (41) de barra. El espacio (45b) anular en la parte (45) de diámetro aumentado se comunica con el interior de la parte (41) de barra a través de la primera abertura (41a) abierta debajo de la primera placa (48A) de división y la segunda abertura (41b) abierta encima de la primera placa (48A) de división. Adicionalmente, la parte periférica externa de la cara superior de la parte (45) de diámetro aumentado está formada con una parte (45a) de pared periférica.

60

65

Adicionalmente, el tubo (49) interno que se comunica con el espacio (41d) derecho a través del orificio (148A) pasante está unido a la cara inferior de la primera placa (48A) de división sustancialmente de manera coaxial con la parte (41) de barra. El tubo (49) interno divide el interior de la parte (41) de barra en un espacio periférico externo (conducto (40A) de flujo periférico externo) y un espacio periférico interno (conducto (40B) de flujo periférico interno) debajo de la primera placa (48A) de división.

Configurando la unidad (5B) de electrodo para dos barras de simiente de silicio de esta manera, se forma un conducto (40) de flujo de enfriamiento dentro del soporte (46) de electrodos mediante el conducto (40A) de flujo periférico externo y el conducto (40B) de flujo periférico interno en la parte inferior de la parte (41) de barra, el espacio (45b) anular de la parte (45) de diámetro aumentado, el espacio (41c) izquierdo y el espacio (41d) derecho en la parte superior de la parte (41) de barra, y el espacio (42b) recto y el espacio 42c circular de la parte (42) de brazo. En el conducto (40) de flujo de enfriamiento, un medio de enfriamiento fluye al interior del conducto (40A) de flujo periférico externo formado entre la superficie periférica externa del tubo (49) interno y la superficie periférica interna de la parte (41) de barra desde el extremo inferior del soporte (46) de electrodos, y circula hacia arriba. Cuando el medio de enfriamiento alcanza la primera placa (48A) de división, el medio de enfriamiento se interrumpe mediante la primera placa (48A) de división, fluye al interior del espacio (45b) anular en la parte (45) de diámetro aumentado a través de la primera abertura (41a), y enfría la parte (45) de diámetro aumentado. A continuación, el medio de enfriamiento circula al lado superior de la primera placa (48A) de división y el lado izquierdo de la segunda placa (48B) de división, es decir, al espacio (41c) izquierdo a través de la segunda abertura (41b). Después el medio de enfriamiento que ha fluido al interior del espacio (41c) izquierdo se guía al espacio (42c) interno circular izquierdo desde una parte izquierda inferior del espacio (42b) interno recto de la parte (42) de brazo mediante la segunda placa (48B) de división y la tercera placa (48C) de división. Entonces, el medio de enfriamiento circula encima de la tercera placa (48C) de división en el espacio (42b) interno recto, y se guía a una parte derecha inferior del espacio (42b) interno recto a través del espacio (42c) interno circular derecho. En este periodo, el medio de enfriamiento enfría las proximidades del electrodo (47). Entonces, cuando el medio de enfriamiento circula a través del espacio (41d) derecho a lo largo de la segunda placa (48B) de división y alcanza la primera placa (48A) de división, el medio de enfriamiento fluye al interior del conducto (40B) de flujo periférico interno en el tubo (49) interno a través del orificio (148A) pasante, y se descarga desde el soporte (46) de electrodos.

En el aparato para producir silicio policristalino configurado de esta manera, se aplica una corriente eléctrica a la barra (4) de simiente de silicio desde cada unidad (5) de electrodo (la unidad (5A) de electrodo, la unidad (5B) de electrodo), poniendo la barra (4) de simiente de silicio en un estado de calentamiento por resistencia. Adicionalmente, incluso entre las barras (4) de simiente de silicio, una barra (4) de simiente de silicio recibe calor radiante desde una barra (4) de simiente de silicio adyacente, y se calienta, y, de este modo, estas barras (4) de simiente de silicio se ponen en un estado de alta temperatura mediante un efecto sinérgico. Como resultado, el gas de materia prima que entra en contacto con la superficie de la barra (4) de simiente de silicio en un estado de alta temperatura reacciona para depositar el silicio policristalino.

Como el calor radiante desde las barras (4) de simiente de silicio también actúa sobre cada unidad (5A) de electrodo o unidad (5B) de electrodo en la placa (2) inferior del reactor (1) y una parte del extremo superior del material (34) de aislamiento anular que es débil al calor también está expuesta en el contrataladro (33), la influencia de calor es de interés. Sin embargo, tal como se muestra en las figuras 3 y 4, como la parte (25) de diámetro aumentado del soporte (22) de electrodos y la parte (45) de diámetro aumentado del soporte (46) de electrodos están dispuestas en la cara superior del extremo superior del material (34) de aislamiento anular de modo que se cubren, disminuye el calor radiante que actúa directamente sobre la superficie de extremo superior. Además, como se enfría el soporte (22) de electrodos o el soporte (46) de electrodos por el medio de enfriamiento que circula a su través, el material (34) de aislamiento anular también se enfría de manera eficaz. En particular, el material (34) de aislamiento anular se enfría de manera eficaz cuando el medio de enfriamiento circula a través del espacio previsto dentro de la parte (25) de diámetro aumentado o la parte (45) de diámetro aumentado que cubre la cara superior de su extremo superior. Como tal, como se suprimen la deformación, deterioro, etc. del material (34) de aislamiento anular provocados por una alta temperatura, y se mantiene su elasticidad incluso en el reactor (1) caliente, puede absorberse la deformación térmica de cada elemento, puede suprimirse la acción de esfuerzo, y se mantiene adecuadamente la función de una instalación.

Además, la presente invención no se limita a la configuración de la realización anterior, pero en la configuración detallada pueden realizarse diversas modificaciones. Por ejemplo, la parte de diámetro aumentado del soporte de electrodos puede proporcionarse para cubrir al menos una parte de la cara superior a un grado tal que puede impedirse una deformación, deterioro, etc. del material de aislamiento anular. La parte de diámetro aumentado del soporte de electrodos no cubre necesariamente toda la cara superior de la superficie de extremo superior del material de aislamiento anular. Adicionalmente, aunque está previsto un conducto de flujo de enfriamiento de sólo un sistema en la realización anterior, pueden proporcionarse independientemente un conducto de flujo de enfriamiento para enfriar la parte de diámetro aumentado y un conducto de flujo de enfriamiento para enfriar las proximidades de un electrodo.

REIVINDICACIONES

1. Aparato para producir silicio policristalino que calienta una barra (4) de simiente de silicio en un reactor (1) al que se suministra un gas de materia prima, y deposita silicio policristalino sobre la superficie de la barra (4) de simiente de silicio, comprendiendo el aparato:
- 5 un electrodo (23, 47) que se extiende en una dirección vertical para soportar la barra (4) de simiente de silicio;
- 10 un soporte (22, 46) de electrodos que tiene un conducto de flujo de enfriamiento formado en el mismo en el que circula un medio de enfriamiento, e insertado en un orificio (21) pasante formado en una placa (2) inferior del reactor (1) para soportar el electrodo (23, 47); y
- 15 un material (34) de aislamiento anular dispuesto entre una superficie periférica interna del orificio (21) pasante y una superficie periférica externa del soporte (22, 46) de electrodos para aislar eléctricamente la placa (2) inferior y el soporte (22, 46) de electrodos entre sí,
- 20 caracterizado porque una superficie periférica externa del soporte (22, 46) de electrodos está dotada de una parte (25, 45) de diámetro aumentado que entra en contacto con al menos una parte de una cara superior de un extremo superior del material (34) de aislamiento anular y tiene una parte del conducto de flujo de enfriamiento formada en el mismo;
- 25 el orificio (21) pasante de la placa (2) inferior incluye una parte (21A) recta inferior y una parte (21B) de sección decreciente superior cuyo diámetro aumenta gradualmente hacia arriba;
- una abertura de un extremo superior de la parte (21B) de sección decreciente está formada con un contrataladro (33) cuyo diámetro aumenta más que el diámetro interno máximo de las partes (21B) de sección decreciente;
- 30 el material (34) de aislamiento anular incluye un elemento (36) cónico dispuesto en la parte (21B) de sección decreciente del orificio (21) pasante;
- el extremo superior del elemento (36) cónico del material (34) de aislamiento anular sobresale ligeramente hacia arriba desde el extremo superior de la parte (21B) de sección decreciente del orificio (21) pasante, y está hecho para enfrentarse al contrataladro (33); y
- 35 el elemento (36) cónico tiene un diámetro externo más grande que el diámetro externo máximo de la parte (21B) de sección decreciente en su extremo superior para sobresalir de la cara inferior del contrataladro (33) y para no sobresalir hacia arriba desde el extremo superior del contrataladro (33).
- 40
2. Aparato para producir silicio policristalino según la reivindicación 1,
- 45 Caracterizado porque la parte (25, 45) de diámetro aumentado cubre toda la cara superior del extremo superior del material (34) de aislamiento anular.
3. Aparato para producir silicio policristalino según la reivindicación 1 ó 2,
- 50 caracterizado porque el conducto de flujo de enfriamiento tiene un conducto de flujo periférico externo a través del que se hace circular el medio de enfriamiento en una parte periférica externa en el soporte (22, 46) de electrodos hacia su extremo superior a lo largo de la dirección longitudinal del soporte (22, 46) de electrodos, y un conducto de flujo periférico interno a través del que se hace circular el medio de enfriamiento dentro del conducto de flujo periférico externo hacia el extremo inferior del soporte (22, 46) de electrodos a lo largo de la dirección longitudinal, y una parte del conducto de flujo periférico externo se forma en la parte (25, 45) de diámetro aumentado.
- 55
4. Aparato para producir silicio policristalino según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3,
- 60 caracterizado porque el material (34) de aislamiento anular está hecho de una resina de aislamiento de alto punto de fusión que tiene elasticidad.

FIG. 1

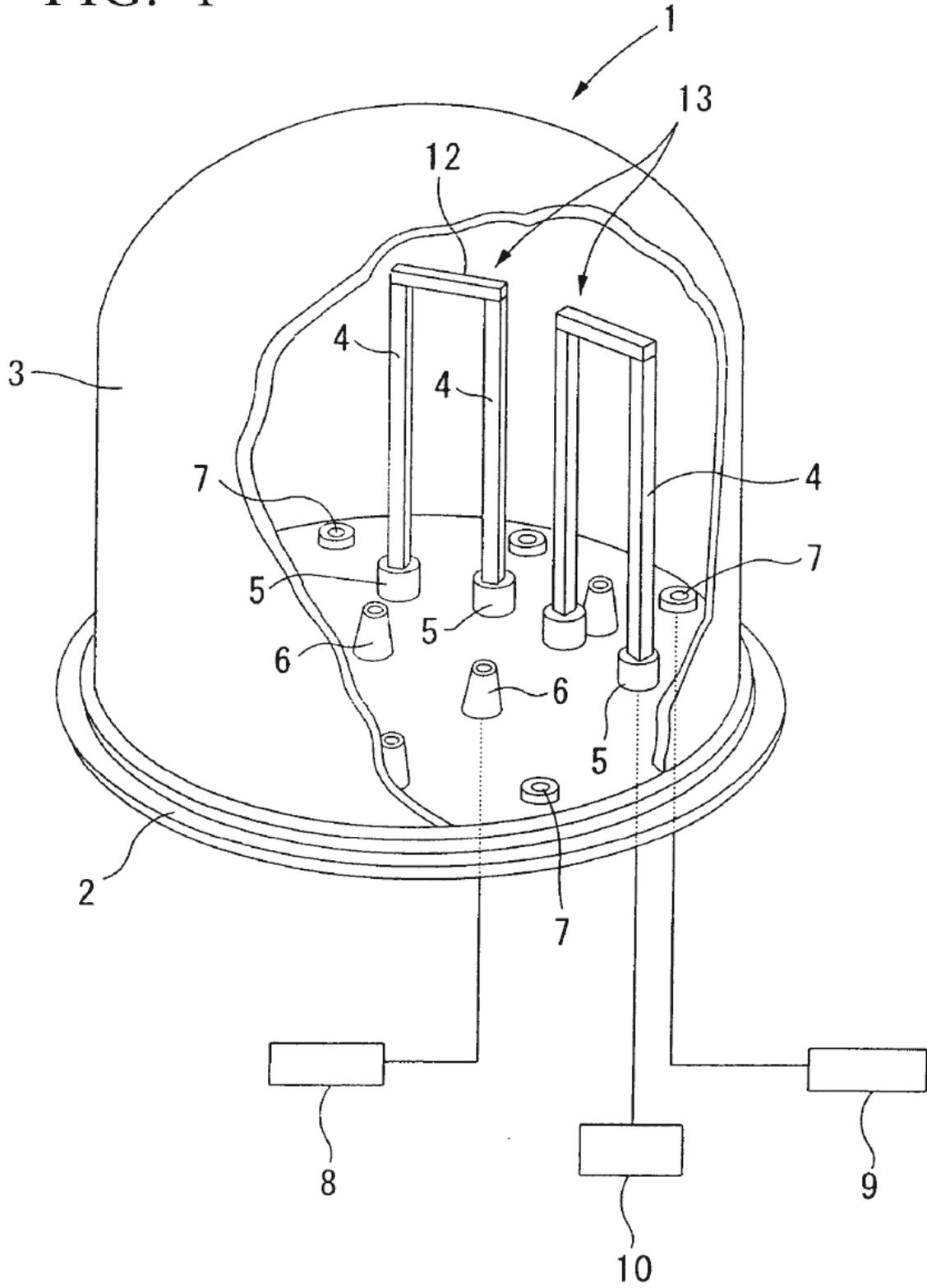


FIG. 2

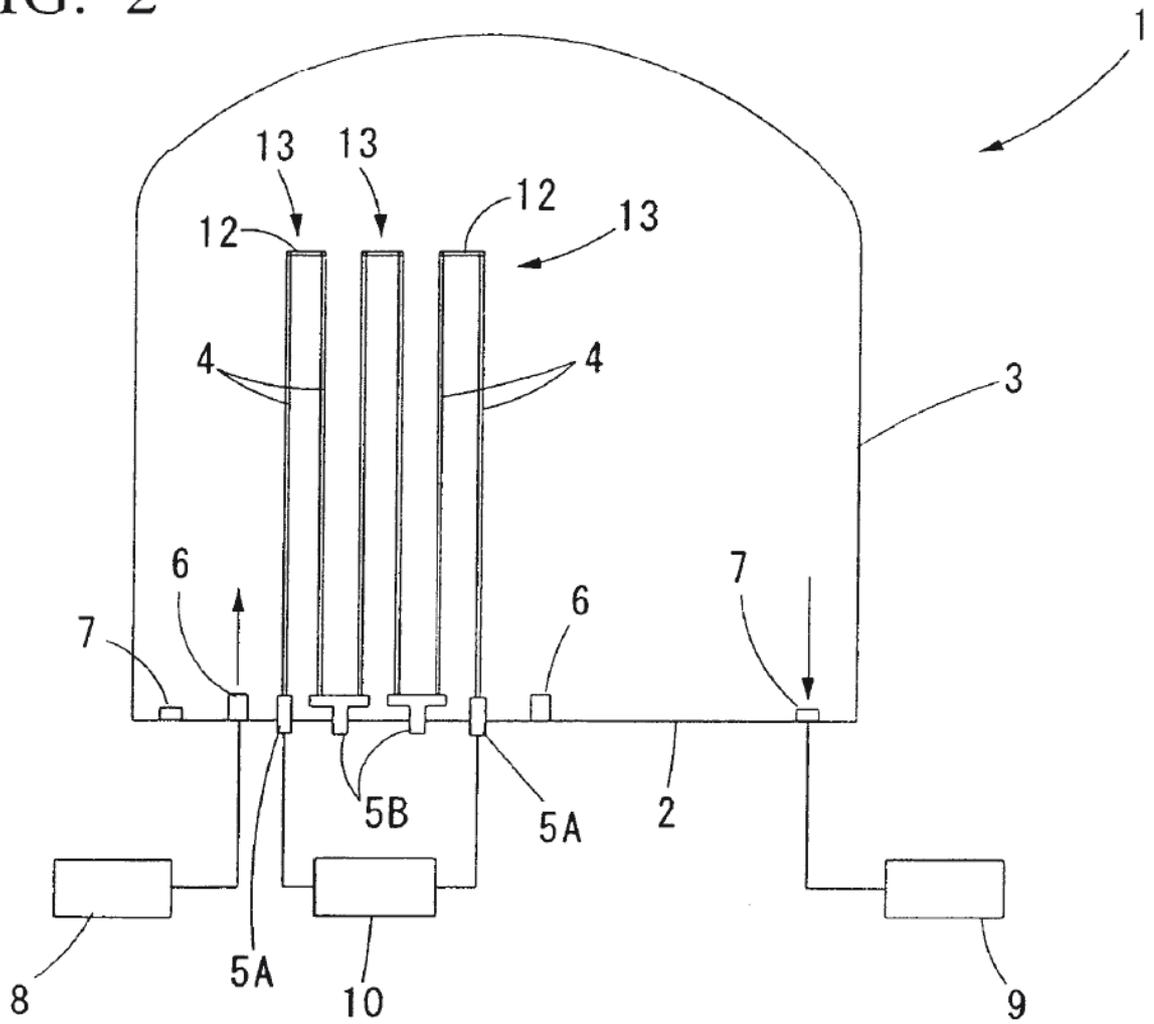


FIG. 3

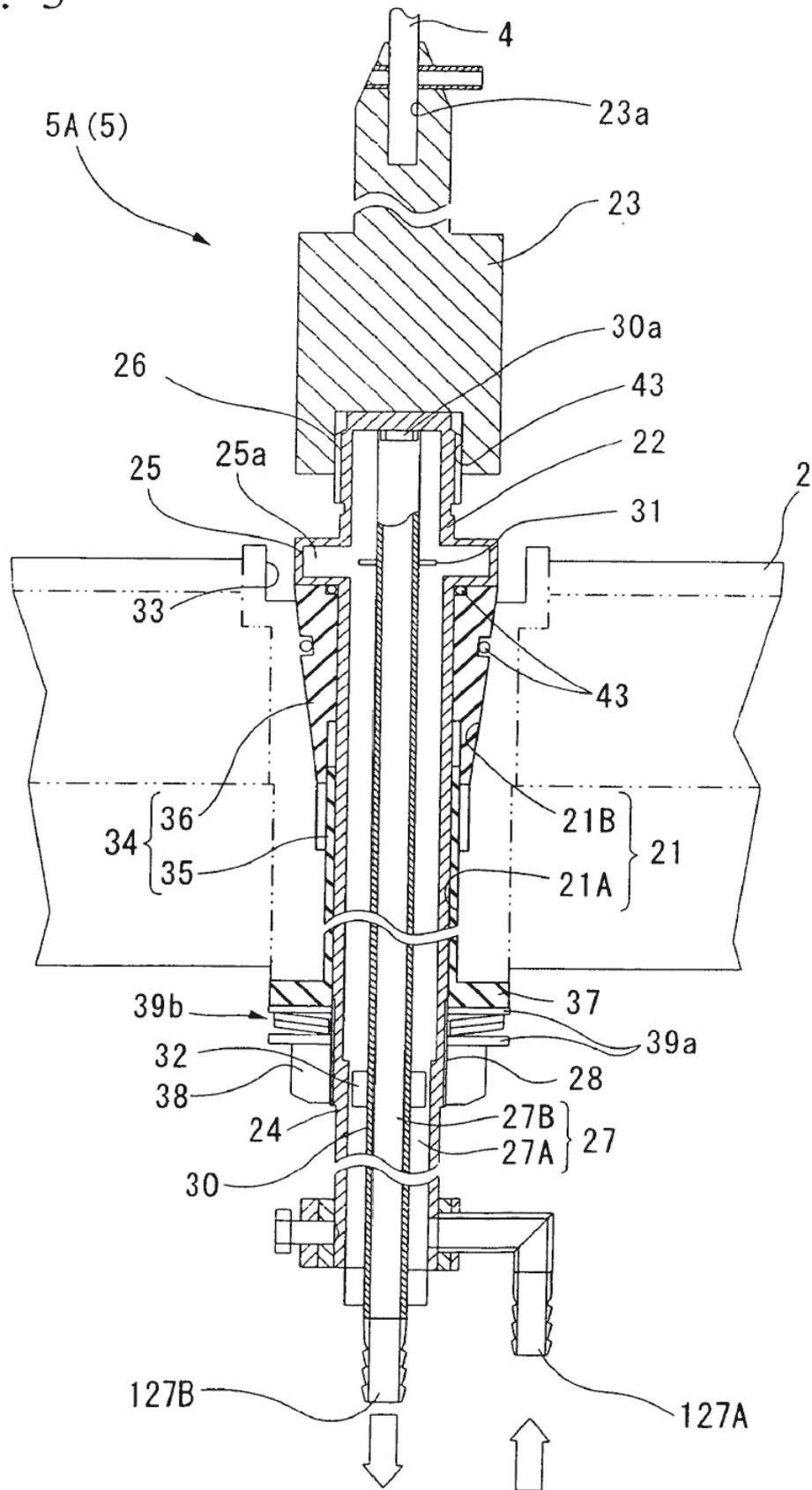


FIG. 4

