

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 636 966**

51 Int. Cl.:

**C23C 16/24** (2006.01)

**C23C 16/46** (2006.01)

**C01B 33/035** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.06.2009 PCT/US2009/003763**

87 Fecha y número de publicación internacional: **21.01.2010 WO10008477**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.06.2009 E 09788829 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.05.2017 EP 2321446**

54 Título: **Puntos de conexión de mandril y puente para filamentos de tubo en un reactor de deposición química de vapor**

30 Prioridad:

**23.06.2008 US 74824 P**

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

**10.10.2017**

73 Titular/es:

**GTAT CORPORATION (100.0%)  
243 Daniel Webster Highway  
Merrimack, NH 03054, US**

72 Inventor/es:

**GUM, JEFFREY C.;  
BALLENGER, KEITH;  
CHARTIER, CARL y  
SCHWEYEN, ANDY**

74 Agente/Representante:

**LINAGE GONZÁLEZ, Rafael**

ES 2 636 966 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

Puntos de conexión de mandril y puente para filamentos de tubo en un reactor de deposición química de vapor

5 La presente invención se refiere a reactores de deposición química de vapor (CVD) capaces de formar materiales útiles en aplicaciones semiconductoras y/o fotovoltaicas. Más particularmente, la presente invención se refiere a sistemas y métodos para proporcionar puntos de conexión de mandril y puente mejorados para filamentos de tubo en un reactor de deposición química de vapor.

10 La deposición química de vapor (CVD) es un proceso químico utilizado para producir materiales sólidos de alta pureza y alto rendimiento. El proceso se utiliza a menudo en las industrias de semiconductores y fotovoltaica para producir materiales de silicio de alta calidad. En un procedimiento CVD convencional, una estructura de varilla se expone a uno o más precursores volátiles, que reaccionan y/o se descomponen sobre la superficie de la varilla para producir el depósito deseado. Frecuentemente, también se producen subproductos volátiles, que pueden eliminarse mediante el flujo de gas a través de una cámara de reacción en el reactor de CVD.

15 Un método utilizado para producir materiales sólidos tales como polisilicio por deposición en un reactor de deposición química de vapor se conoce como el método Siemens. Cuando se produce polisilicio utilizando el método Siemens, el polisilicio se deposita en un reactor de CVD en varillas de silicio delgadas de alta pureza, también conocidas como "varillas delgadas". Debido a que estas varillas delgadas se fabrican de silicio de alta pureza, la resistencia eléctrica correspondiente de las varillas delgadas es extremadamente alta. Por lo tanto, es extremadamente difícil calentar las varillas delgadas utilizando corriente eléctrica durante la fase de puesta en marcha del proceso de CVD a menos que las varillas delgadas se compensen con un elemento eléctricamente activo.

20 De acuerdo con el método Siemens, se utilizan calentadores para elevar la temperatura de las varillas delgadas a aproximadamente 400 °C con el fin de reducir su resistividad eléctrica. Típicamente, para acelerar el proceso de calentamiento, se aplica un alto voltaje del orden de miles de voltios a las varillas. Bajo este alto voltaje, una pequeña corriente puede comenzar a fluir a través de las varillas delgadas. Esta corriente genera calor en las varillas delgadas, reduciendo la resistencia eléctrica de las varillas, y permitiendo que se genere un flujo de corriente mayor y calor adicional por las varillas delgadas. A medida que las varillas se calientan hasta la temperatura deseada, típicamente superior a 800 °C, el voltaje se reduce correspondientemente.

25 Con referencia a la figura 1 de la técnica anterior, reproducida de la figura 1 de la patente de EE.UU. 6.284.312, un reactor de CVD convencional puede incluir una placa 23 de base, una campana 17 de cuarzo, una cubierta 24 de cámara y un calentador 18 posicionado entre la campana 17 y la cubierta 24 de cámara. También se pueden incorporar en la placa 23 de base pasos eléctricos 19 y una entrada y una salida de gas 20 y 21, respectivamente. Un orificio 22 de visión proporciona una inspección visual del interior. El reactor representado en la figura 1 puede utilizarse para montar una estructura de varilla delgada de silicio en forma de dos porciones verticales 11 y 13, que están conectadas con una porción horizontal 12. Durante un proceso de CVD, los depósitos de polisilicio se acumulan sobre la estructura de varilla delgada.

30 Las conexiones entre las varillas delgadas tradicionales en un reactor de CVD, y entre las varillas delgadas y los mandriles correspondientes, son importantes para mantener las conexiones eléctricas en el reactor. Con respecto a las conexiones de mandril a filamento, los mecanismos de sujeción conocidos utilizan tornillos, pernos, abrazaderas, etc. Las conexiones conocidas entre las varillas delgadas están formadas con una ranura o una ranura de llave en la parte superior de cada varilla vertical. En los extremos de la varilla horizontal puede formarse un pequeño taladro o producto de conformación, de modo que pueda ser encajado a presión en las ranuras para unir las dos varillas verticales.

35 Como se describe en la patente de EE.UU. 6.284.312, se han utilizado filamentos de tubo de silicio de gran diámetro para reemplazar diseños conocidos de varillas delgadas. Estos diseños eliminan los componentes costosos del reactor de CVD de la técnica anterior sustituyendo las varillas delgadas como los elementos centrales y el objetivo para deposición con secciones de filamento de tubo de pared delgada. Los filamentos de tubo proporcionan varias ventajas sobre los filamentos de varilla delgada tradicionales. Los filamentos de tubo requieren menos voltaje en comparación con los filamentos de varilla delgada tradicionales porque los filamentos de tubo se pueden calentar a una temperatura mayor cuando se utiliza la misma fuente de calor y la misma salida de potencia. Esta ventaja se debe a que los filamentos de tubo tienen un área de superficie mayor para la absorción del calor radiante con respecto a las varillas delgadas. Además, las conexiones mejoradas entre los componentes de los materiales de filamento de tubo proporcionan una resistencia disminuida en el punto de conexión y una resistencia total menor para superar inicialmente. Por lo tanto, es necesario un voltaje menor para inducir el flujo de corriente a través de una configuración de horquilla de filamento de tubo en comparación con una configuración convencional de horquilla de varilla delgada. Existe la necesidad de sistemas y métodos mejorados para conseguir conexiones de mandril a filamento y puente a filamento para reactores de CVD que utilizan filamentos de tubo en lugar de varillas delgadas convencionales.

El lector se puede informar adicionalmente en cuanto al estado de la técnica por referencia al documento US-A-4805556. El documento US-A-4805556 se refiere a la fabricación de varillas de silicio policristalino de alta pureza mediante la pirólisis del silano. Más específicamente, a un método mejorado para pirolizar monosilano para formar varillas policristalinas de alta calidad de diámetro uniforme y a un sistema de reactor de pirólisis mejorado para formar varillas de silicio policristalino de alta calidad de diámetro uniforme a altas tasas de producción. Las reivindicaciones independientes del presente documento se caracterizan, en su caso, con referencia al documento US-A-4805556.

La presente invención se refiere a sistemas y métodos para proporcionar puntos de conexión de mandril y puente para filamentos de tubo en un reactor de deposición química de vapor (CVD). Los filamentos de tubo de acuerdo con la presente invención pueden formar una "configuración de horquilla", que se refiere a una forma adecuada de uno o más filamentos de tubo recibidos en el reactor de CVD, y puede incluir un o más giros o estructuras curvadas de los filamentos de tubo. La descripción de una configuración o estructura de "horquilla" no pretende ser limitativa, y abarca otras configuraciones o estructuras.

Las conexiones entre los filamentos de tubos verticales y los soportes de mandril de grafito, así como los componentes de puente vertical y horizontal de una construcción de horquilla de filamento de tubo, son importantes para mantener conexiones eléctricas y para la deposición satisfactoria de materiales sólidos tales como polisilicio en un reactor de CVD. Estas conexiones se denominan aquí puntos de conexión de mandril a filamento y puente a filamento, o simplemente puntos de conexión de "mandril" y "puente", respectivamente. Idealmente, los puntos de conexión de mandril y de puente proporcionan estabilidad a los filamentos del tubo para evitar el fallo mecánico y mantener conexiones eléctricas con los pasos eléctricos, así como el área de superficie suficiente para pasar la corriente eléctrica para calentar los filamentos del tubo a la temperatura de deposición durante un ciclo de reacción de CVD.

En un esfuerzo por aliviar al menos algunas de las limitaciones técnicas de la técnica anterior, la presente invención proporciona un sistema de reactor de deposición química de vapor y un método para formar un filamento de tubo sobre un mandril para su uso en un sistema de deposición química de vapor de acuerdo con las reivindicaciones independientes.

Estos y otros aspectos y ventajas de la presente invención se harán más fácilmente evidentes a partir de la siguiente descripción de las realizaciones preferidas tomadas conjuntamente con los dibujos.

### Breve descripción de los dibujos

Para que los expertos en la técnica a la que pertenece la presente invención comprendan fácilmente cómo hacer y utilizar el método y el dispositivo de la presente invención sin experimentación indebida, se describirán en detalle en el presente documento más adelante las realizaciones preferidas con referencia a ciertas figuras, en las que:

la figura 1 (TÉCNICA ANTERIOR) es una vista en perspectiva de un reactor de CVD de la técnica anterior que ilustra los componentes básicos de tal reactor;

la figura 2 es una vista en corte transversal de un sistema de reactor de CVD útil con la presente invención;

la figura 3 es una vista esquemática de un filamento de tubo empujado sobre un mandril por una semilla;

la figura 4 es una vista en perspectiva de la conexión mandril a filamento de acuerdo con una primera realización preferida;

la figura 5 es una vista en perspectiva de la conexión mandril a filamento de acuerdo con una segunda realización preferida;

la figura 6 es una vista en perspectiva de una configuración de filamento de tubo que tiene una conexión de puente plano de acuerdo con una tercera realización preferida;

la figura 7A es una vista superior en corte transversal de un puente transversal de la conexión de puente plano de la figura 6 que muestra agujeros de ventilación que sobresalen a través de una superficie superior del puente transversal;

la figura 7B es una vista en perspectiva inferior de un puente transversal de la conexión de puente plano mostrada en la figura 6;

la figura 7C es una vista inferior esquemática del puente transversal de la figura 7B;

la figura 8 es una vista en perspectiva de un filamento de tubo que tiene una conexión de puente rectangular de acuerdo con una cuarta realización preferida;

la figura 9A es una vista superior en perspectiva de un puente transversal de la conexión de puente rectangular mostrada en la figura 8;

5 la figura 9B es una vista superior esquemática del puente transversal de la figura 9A;

la figura 10 es una vista en perspectiva de una configuración de filamento de tubo que tiene una única conexión de puente con muescas en la que el puente transversal se inserta en los filamentos de tubo verticales para completar una configuración de horquilla de acuerdo con la presente invención;

10 la figura 11A es una vista lateral en corte transversal de un puente transversal de la conexión de puente con muesca única mostrada en la figura 10; y

15 la figura 11B es una vista en perspectiva inferior de un puente transversal de la conexión de puente con muesca única mostrada en la figura 10.

### Descripción detallada de la invención

20 A continuación se describen realizaciones preferidas de la presente invención con referencia a los dibujos que se acompañan, en los que números de referencia iguales representan los mismos elementos o elementos similares.

25 Aunque la descripción en el presente documento se refiere a la producción de polisilicio, las técnicas, dispositivos y métodos descritos en el presente documento no se limitan a la producción de solo polisilicio y son útiles para cualquier material para el cual se utilizan un reactor de CVD y filamentos de tubo. Estos materiales pueden ser, por ejemplo, fibra de carbono, nanofibras de carbono, dióxido de silicio, silicio-germanio, tungsteno, carburo de silicio, nitruro de silicio, oxinitruro de silicio, nitruro de titanio y diversos dieléctricos de alto k.

30 La figura 2 es una vista en corte transversal de un sistema 10 de reactor de CVD que puede utilizarse con la presente invención. La figura 2 como se proporciona en el presente documento, corresponde a la figura 2 de la patente de EE.UU. 6.284.312, que se incorpora en el presente documento como referencia. Aunque el sistema 10 de reactor de CVD utilizado por la presente invención es similar al descrito en la patente de EE.UU. 6.284.312, los puntos de conexión del mandril y el puente para filamentos de tubo como se describe en la presente solicitud son ventajosos en comparación con las conexiones convencionales de mandril y puente y, por lo tanto, se describen con mayor detalle a continuación.

35 El sistema 10 de reactor mostrado en la figura 2 incluye preferentemente una placa 23 de base, una campana 17 de cuarzo, una cubierta 24 de cámara y al menos un calentador 18 situado entre la campana 17 y la cubierta 24 de cámara. Preferentemente, una entrada 20 de gas, una salida 21 de gas y electrodos no ilustrados) se incorporan en la placa 23 de base. Se puede incluir opcionalmente un orificio 22 de visión para permitir la inspección visual del interior. El sistema de la figura 2 utiliza una estructura de filamento de tubo (horquilla) para la deposición de material sólido, en lugar de la configuración de varilla delgada convencional. La estructura de filamento de tubo del sistema 10 útil con la presente invención incorpora preferentemente filamentos 1 y 3 de tubo verticales y un puente transversal horizontal 2.

45 Como se ha descrito anteriormente, las dos conexiones principales en la estructura de horquilla de filamento de tubo son: conexiones de puente a filamento (o "conexiones de puente"), que hacen referencia a conexiones entre el puente transversal horizontal 2 y los filamentos 1 y 3 de tubo verticales; y las conexiones mandril a filamento (o "conexiones de mandril"), que se refieren a las conexiones entre los filamentos 1 y 3 de tubo verticales y el mandril 9, lo que puede facilitar la conexión eléctrica a los electrodos para calentar los filamentos de tubo.

50 Una estructura de filamento de tubo utilizada en el sistema 10 sustituye a la estructura de varilla delgada convencional. De acuerdo con la presente invención, los filamentos 1 y 3 de tubo se forman conectando una semilla 5 de grafito al eje de una máquina de tracción de filamentos. Por ejemplo, una sección cilíndrica delgada de la semilla 5 puede sumergirse en un crisol lleno de silicio fundido. Una vez que se ha hecho el contacto, la semilla 5 puede ser retirada lentamente de una manera giratoria, y el filamento 1 de tubo cilíndrico se forma mientras se solidifica mientras se retira de la masa fundida. El filamento 1 de tubo es colocado a la longitud deseada ajustando la cantidad de silicio fundido en el crisol. Como se muestra en las figuras 4 y 5, una vez que se forma el filamento 1 de tubo sobre la semilla 5, puede unirse al mandril 9 mediante un ajuste roscado o recto o cualquier otro medio conocido. El mandril 9 se une entonces al electrodo dentro del sistema de reactor de CVD.

60 Alternativamente, como se muestra en la figura 3, el filamento 1 de tubo se puede formar utilizando una semilla reutilizable 5 que se conecta de forma separable mediante un ajuste roscado a la parte inferior del mandril 9. Unido a la semilla 5 en un extremo, el mandril 9 puede sumergirse en un crisol lleno de silicio fundido. Una vez que se ha hecho el contacto, el mandril 9 se retira lentamente de manera giratoria y el filamento de tubo 1 cilíndrico toma forma y se forma sobre el propio mandril 9 y se solidifica mientras se saca de la masa fundida. El filamento de tubo formado tiene un núcleo hueco. El filamento 1 de tubo es colocado a la longitud deseada ajustando la cantidad de

65

silicio fundido en el crisol. Una vez que el filamento 1 de tubo está formado sobre el mandril 9, la semilla 5 puede ser retirada y el mandril 9 puede unirse directamente a un electrodo dentro del sistema de reactor de CVD. Repitiendo este proceso, se puede producir un par de filamentos 1 y 3 de tubo. La semilla 5 puede estar hecha de grafito, carburo de silicio, silicio u otro material adecuado. Preferentemente, el mandril está hecho de carbono, silicio u otro material adecuado.

Debido a que los filamentos 1 de tubo son colocados directamente sobre el mandril 9 como se muestra en la figura 3, se reduce el número de partes totales requeridas para el montaje en el reactor de CVD. La resistencia de arranque de la conexión mandril a filamento también se reduce porque los dos materiales se fusionan durante este proceso en lugar de estar conectados mecánicamente. Este proceso ayuda a reducir aún más la resistencia de la conexión, ya que no hay transición o acoplamiento mecánico de múltiples partes, como con las tradicionales configuraciones de filamentos de varillas delgadas.

En las configuraciones tradicionales de varillas delgadas, la porción de la varilla de silicio que se aplica al mandril de grafito contiene una capa de óxido (dióxido de silicio) que tiene una resistividad muy alta, que la del propio silicio. Debido a que esta capa de dióxido de silicio es altamente resistiva, esto crea una mayor resistencia de conexión. Cuando se fusiona un filamento de tubo de silicio con el grafito, como se ha descrito anteriormente, la capa de óxido ya no está presente entre el silicio y el grafito, y por lo tanto se proporciona una resistencia de conexión inferior.

La presente invención proporciona una manera beneficiosa de conectar los filamentos 1 y 3 de tubo verticales a sus respectivos mandriles 9, así como de conectar los filamentos 1 y 3 de tubo a sí mismos a través de un puente transversal 2. Estas conexiones forman la base de la configuración de horquilla de filamento de tubo sobre la cual se deposita y produce el material a granel deseado. Cada una de las dos conexiones será discutida a su vez.

#### 1. Conexión de mandril a filamento

Una conexión de mandril a filamento de acuerdo con la presente invención puede proporcionar soporte mecánico a filamentos 1, 3 de tubo alineados verticalmente y un área de contacto eléctrico a través de la cual se puede pasar la corriente para proporcionar un calentamiento resistivo del filamento de tubo. Con referencia a la figura 4, se proporciona una primera realización preferida de una conexión de mandril 9 a filamento 1. El filamento 1 de tubo se funde preferentemente con una semilla 5, por ejemplo, de acuerdo con el proceso de tracción descrito anteriormente. Esta fusión de silicio con grafito elimina la capa de óxido en esta conexión, que a su vez reduce el voltaje requerido para comenzar el calentamiento resistivo de la horquilla durante un ciclo de reacción de CVD. La unión de la semilla 5 al filamento 1 de tubo permite menos mecanizado del propio filamento 1 de tubo. El mandril 9 se mecaniza preferentemente para proporcionar un saliente 29 dentro sobre el centro del mandril 9 para acoplarse con una ranura o inversión correspondiente dentro de la semilla 5 fusionada al filamento 1 de tubo para proporcionar buena estabilidad y una conexión eléctrica fuerte al electrodo durante un ciclo de reacción de CVD de la presente invención. Alternativamente, la configuración de mandril a filamento de la figura 4 puede formarse de manera que el filamento 1 se funda directamente con el mandril 9 sin la presencia de la semilla 5.

Con referencia a la figura 5, se proporciona una segunda realización preferida de la conexión del mandril 9 al filamento 1. En esta realización, el filamento 1 de tubo está también fusionado con la semilla 5. El mandril 9 preferentemente se mecaniza para proporcionar un saliente 39 dentro sobre el centro del mandril 9 para acoplarse con una inversión correspondiente dentro de la semilla 5 fusionada con el filamento 1 de tubo para proporcionar una buena estabilidad y una fuerte conexión eléctrica al electrodo durante el ciclo de reacción de CVD. La configuración de mandril a filamento de la figura 5 puede formarse de manera que el filamento 1 se funda directamente con el mandril 9 sin la presencia de la semilla 5. Como se muestra en la figura 5, el mandril 9 también se mecaniza preferentemente para crear una pared 49 de soporte. La pared 49 de soporte proporciona un ajuste seguro para el filamento 1 dentro del mandril 9 para mayor estabilidad pero tiene un área de superficie ligeramente menor para la deposición de polisilicio. En este caso, el área reducida para deposición es solamente el área de superficie de grafito. El silicio depositado sobre el grafito no se utiliza normalmente porque estará contaminado con carbono por lo que no importa para este caso. Además, la pared 49 de soporte permite una mayor estabilidad mecánica del filamento 1 dentro del sistema de reactor de CVD.

#### 2. Conexión puente a filamento

Una conexión de puente a filamento de acuerdo con la presente invención puede proporcionar un soporte mecánico a filamentos 1, 3 de tubo alineados verticalmente y un área de contacto eléctrico a través de la cual se puede pasar la corriente para proporcionar un calentamiento resistivo del filamento de tubo. El puente transversal 2 de silicio tiene uno o más puntos de contacto en cada filamento 1, 3 de tubo vertical. El puente transversal 2 puede ser un tubo o una varilla, y puede estar formado en diversas formas, incluyendo pero no limitándose a: cuadrada, rectangular, y cilíndrica. Preferentemente, los puntos de contacto están distribuidos alrededor de la parte superior del filamento 1 de tubo para formar una trayectoria de corriente sustancialmente uniforme desde el electrodo hasta el puente 2.

Preferentemente, un área de corte transversal del puente debería ser aproximadamente igual a un área de corte transversal del filamento de tubo. Debido a que los filamentos de tubo tienen una mayor pérdida de calor debido a su

- 5 área de superficie incrementada, en comparación con las varillas tradicionales, se requiere una corriente mayor para que los filamentos de tubo alcancen una temperatura de deposición adecuada. Por lo tanto, si el área de corte transversal del puente es mucho menor que la del filamento de tubo, esto podría dar lugar a un sobrecalentamiento y a una posible fusión del puente. Si el área del corte transversal del puente es mucho mayor que la del filamento de tubo, es probable que haya poca o ninguna deposición en el puente, ya que el puente permanece más frío que el filamento de tubo. La deposición se produce óptimamente sobre el puente y el filamento de tubo cuando sus áreas de corte transversal están sustancialmente emparejadas, con el fin de proporcionar un soporte adecuado para la horquilla.
- 10 Con referencia a las figuras 6 y 7A-7C, se muestra una tercera realización preferida de la presente invención que tiene una conexión de puente plano. La conexión de puente plano mostrada en la figura 6 preferentemente incluye un puente transversal plano 2, en el que la anchura y la longitud del puente transversal 2 son preferentemente lo suficientemente grandes para cubrir puntos de contacto en los filamentos 1 y 3 de tubo. Como se muestra en las figuras 7B y 7C, se disponen grandes rebajes circulares 15 en la superficie inferior del puente transversal 2 para alojar una amplia gama de espesores de tapas de filamentos 1 y 3 de silicio verticales. Los rebajes circulares 15 pueden proporcionar una gran área de superficie para la conexión eléctrica y una distribución mejorada de corriente y calor durante un ciclo de reacción de CVD a través de los filamentos 1 y 3. Los rebajes 15 se muestran aquí como circulares, pero también pueden ser de otras formas.
- 15
- 20 Uno o más agujeros 14, como se muestra en la figura 7A, se sitúan preferentemente en el medio de los rebajes circulares 15 para proporcionar una trayectoria de ventilación para que el aire escape de los tubos 1 y 3 de filamento antes de la introducción del gas de proceso durante un ciclo de reacción. En otras palabras, el aire atrapado se puede sacar del filamento 1 de tubo al principio del ciclo para eliminar el filamento 1 de aire del aire antes de introducir gases de proceso que pueden causar explosiones u otros riesgos de seguridad. Además de los puentes 2 que están ventilados, los mandriles 9 también están ventilados para proporcionar una trayectoria para que el aire escape antes de la operación y para que el gas de proceso escape al final de la operación. Mientras que el puente 2 crecerá al final de la operación, los mandriles 9 son mucho más fríos y por lo tanto no tienen una cantidad significativa de deposición sobre ellos. La ventilación a través de los mandriles 9 proporcionará entonces una trayectoria para que los gases de proceso escapen cuando el reactor es purgado/ejercido presión con nitrógeno al final de la operación.
- 25
- 30
- Con referencia a las figuras 8 y 9A-9B, se muestra una cuarta realización preferida de la presente invención que tiene una conexión de puente rectangular. Como se muestra en la figura 8, la conexión de puente rectangular incorpora un puente transversal 2 de doble muesca de diámetro reducido en comparación con los filamentos 1 y 3 de tubo verticales, colocado el puente 2 encima de los filamentos 1 y 3 de tubo. La conexión de puente plano utiliza menos material porque no cubre completamente toda la circunferencia de las aberturas de los filamentos 1 y 3 de tubo. Como resultado, esta realización puede producir un ahorro de costes incrementado. Las ranuras o muescas dobles 16 proporcionan al menos dos puntos de contacto para la corriente que fluye a través de los filamentos 1 y 3 de tubo verticales. Dado que el puente transversal 2 de esta realización no cubre completamente las aberturas de los filamentos 1 y 3, el puente transversal 2 requiere menos mecanizado y no se necesitan agujeros de ventilación.
- 35
- 40
- Con referencia a las figuras 10 y 11A-11B, se muestra una quinta realización preferida de la presente invención que tiene una conexión de puente rectangular. Se proporciona un puente transversal 2 con muescas que tiene un diámetro reducido en comparación con los filamentos 1 y 3 de tubo verticales insertados en agujeros en la porción superior de los filamentos de tubo. El puente transversal 2 tiene preferentemente bordes ahusados que encajan en agujeros correspondientes que pueden perforarse en los filamentos 1 y 3 de tubo. Esta realización proporciona una mayor estabilidad bajo corrientes de gas elevadas ya que está completamente rodeada por el agujero de filamento en los puntos de conexión. Además, el mecanizado puede reducirse debido al diseño simple y al ahorro de costes obtenido al utilizar menos material. Como se muestra en la figuras 11A y 11B, al menos una muesca 17 está prevista en cada extremo del puente transversal 2. Las muescas 17 se aplican a las paredes laterales de los filamentos 1 y 3 de tubo verticales para formar una conexión. En una realización alternativa, el puente transversal 2 con muescas se aplica a la superficie superior de los filamentos 1 y 3 de tubo en lugar de en los agujeros de las paredes de la porción superior de los tubos 1 y 3.
- 45
- 50
- 55 Las realizaciones descritas anteriormente no son necesariamente alternativas y pueden utilizarse juntas en el mismo reactor. Por ejemplo, la primera realización preferida, que es una conexión de mandril a filamento mostrada en la figura 4 puede utilizarse en el mismo reactor con una conexión de puente a filamento tal como la tercera realización preferida representada en las figuras 7 y 8A-8C. De forma similar, se pueden utilizar conjuntamente diferentes conexiones de mandril a filamento y diferentes conexiones puente a filamento juntas en el mismo reactor. Aunque la presente invención se ha descrito con respecto a las realizaciones preferidas, los expertos en la técnica apreciarán fácilmente que pueden realizarse cambios o modificaciones en la misma sin apartarse del alcance de la presente invención como se define en las reivindicaciones adjuntas.
- 60

**REIVINDICACIONES**

- 1.- Un sistema de reactor de deposición química de vapor, que comprende:
- 5 al menos un primer filamento (1, 3) de tubo que tiene extremos primero y segundo, configurado el filamento (1, 3) de tubo para transportar una corriente eléctrica;
- una semilla (5) unida al primer extremo del filamento (1, 3) de tubo;
- 10 un mandril (9) conectado a al menos la semilla (5), en el que el mandril (9) está formado con un saliente (29, 39) que corresponde a una ranura de la semilla (5), de tal manera que el mandril (9) está conectado eléctricamente al filamento (1, 3) de tubo;
- al menos un segundo filamento (1, 3) de tubo, teniendo dicho segundo filamento de tubo extremos primero y segundo, estando cada filamento (1, 3) de tubo conectado a una semilla (5) y un mandril (9) respectivos; y
- 15 un puente (2) que conecta los filamentos primero y segundo (1, 3) de tubo, en el que el puente comprende una pluralidad de rebajes (15), para aplicarse cada uno de los rebajes (15) a uno de los extremos primeros de los filamentos primero y segundo (1, 3) de tubo.
- 20 2.- El sistema de la reivindicación 1, en el que el saliente (29, 39) está situado en un centro del mandril (9).
- 3.- El sistema de la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el que la semilla (5) es desmontable del mandril (9).
- 25 4.- El sistema de cualquier reivindicación precedente, en el que la semilla (5) está unida al mandril (9) después de la formación del filamento (1, 3) de tubo.
- 5.- El sistema de cualquier reivindicación precedente, en el que la semilla (5) está hecha de grafito.
- 30 6.- El sistema de cualquier reivindicación precedente, en el que los rebajes (15) tienen cada uno al menos un agujero (14) de ventilación para proporcionar una trayectoria de ventilación.
- 7.- El sistema de cualquier reivindicación precedente, en el que el puente está configurado para superponerse completamente a una circunferencia de los primeros extremos de los filamentos primero y segundo (1, 3) de tubo.
- 35 8.- El sistema de cualquier reivindicación precedente, en el que el puente (2) comprende ranuras para aplicarse a al menos una porción de uno de los primeros extremos de los filamentos primero y segundo (1, 3) de tubo.
- 9.- El sistema de la reivindicación 8, en el que el puente (2) está configurado para no superponerse completamente a una circunferencia de los primeros extremos de los filamentos primero y segundo (1, 3) de tubo.
- 40 10.- El sistema de cualquier reivindicación precedente, en el que el puente incluye una pluralidad de muescas para aplicarse a los filamentos primero y segundo (1, 3) de tubo.
- 45 11.- El sistema de cualquier reivindicación precedente, en el que el puente (2) tiene una porción de contacto para aplicarse mecánicamente a al menos un filamento (1, 3) de tubo; y teniendo la porción de contacto al menos un rebaje (17) para aplicarse al primer extremo del filamento (1, 3) de tubo.
- 50 12.- El sistema de la reivindicación 11, en el que al menos un rebaje (17) comprende además al menos un agujero (14) de ventilación.
- 13.- El sistema de la reivindicación 11 ó 12, en el que la porción de contacto está configurada para superponerse completamente a una circunferencia del primer extremo.
- 55 14.- El sistema de la reivindicación 11 ó 12, en el que la porción de contacto está configurada para no superponerse completamente a la circunferencia del extremo primero.
- 15.- El sistema de cualquier reivindicación precedente, en el que el puente está hecho de silicio.
- 60 16.- Un método para formar un filamento (1, 3) de tubo sobre un mandril (9) para su uso en un reactor de deposición química de vapor, que comprende las etapas de:
- proporcionar una semilla (5) con una ranura;
- 65 conectar un mandril (9) que tiene un saliente (29, 39) a la semilla (5) con el saliente recibido en la ranura;

## ES 2 636 966 T3

insertar al menos una porción del mandril (9) en una masa fundida de silicio;

retirar el mandril (9) de la masa fundida de silicio de manera que se forma un filamento (1, 3) de tubo sobre la semilla (5); y

5 conectar el filamento (1, 3) de tubo al mandril (9).

17.- El método de la reivindicación 16, en el que la semilla (5) es una semilla reutilizable (5).

10 18.- El método de la reivindicación 17, que comprende además la etapa de: separar la semilla reutilizable (5) del mandril (9).

19.- El método de cualquiera de las reivindicaciones 16 a 18, en el que la masa fundida de silicio está contenida en un crisol.

15 20.- El método de la reivindicación 19, que comprende además la etapa de: ajustar una longitud del filamento (1, 3) de tubo basándose en una cantidad de material fundido contenido en el crisol.



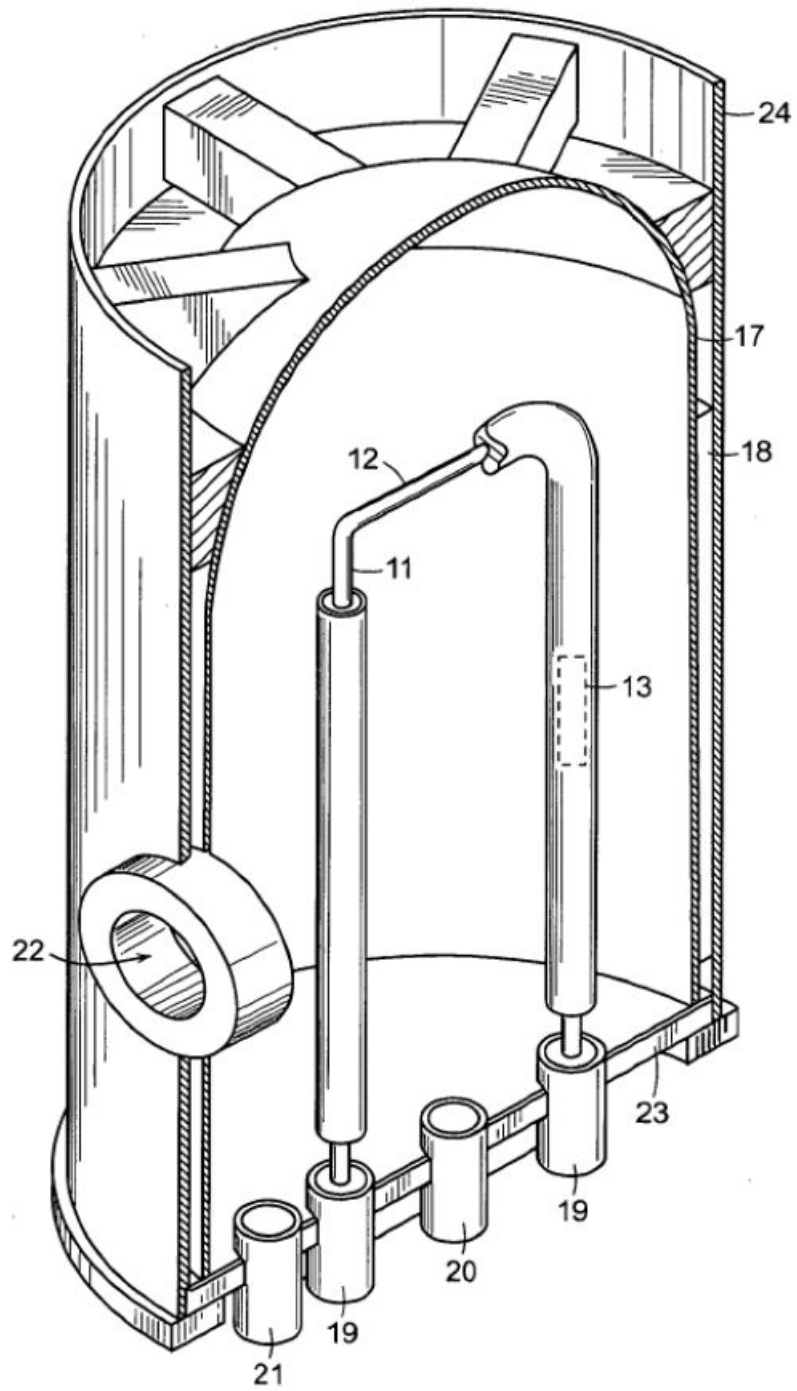


FIG. 1  
(TÉCNICA ANTERIOR)

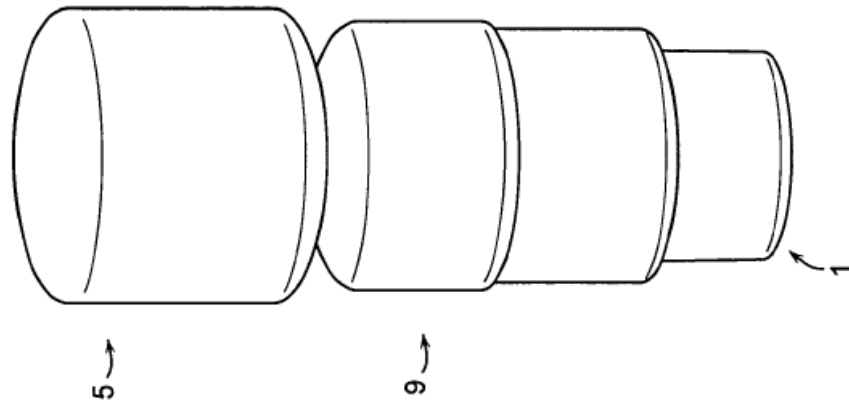


FIG. 3

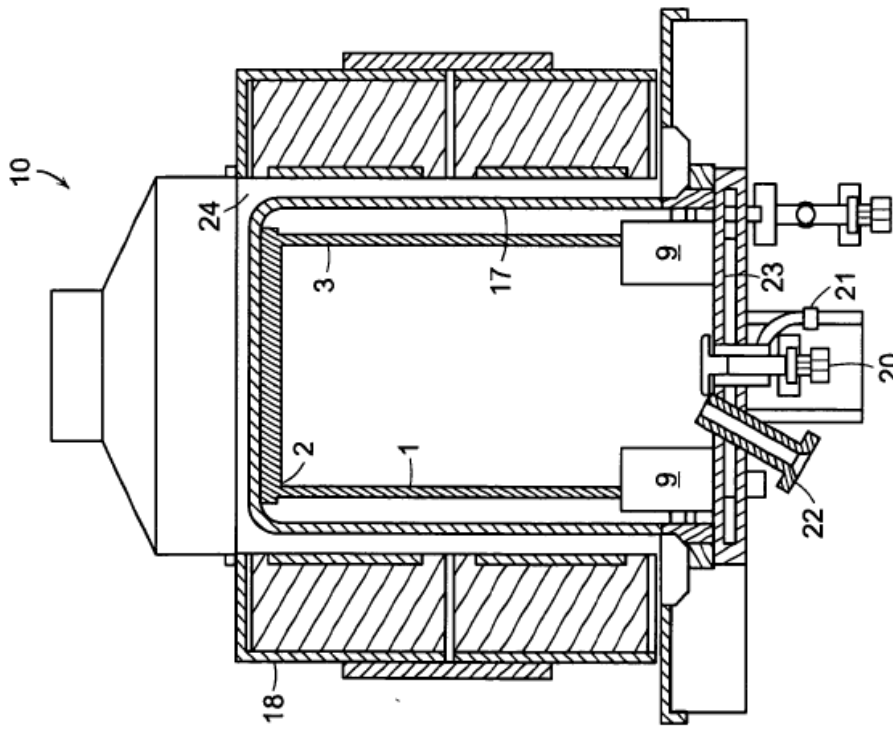


FIG. 2

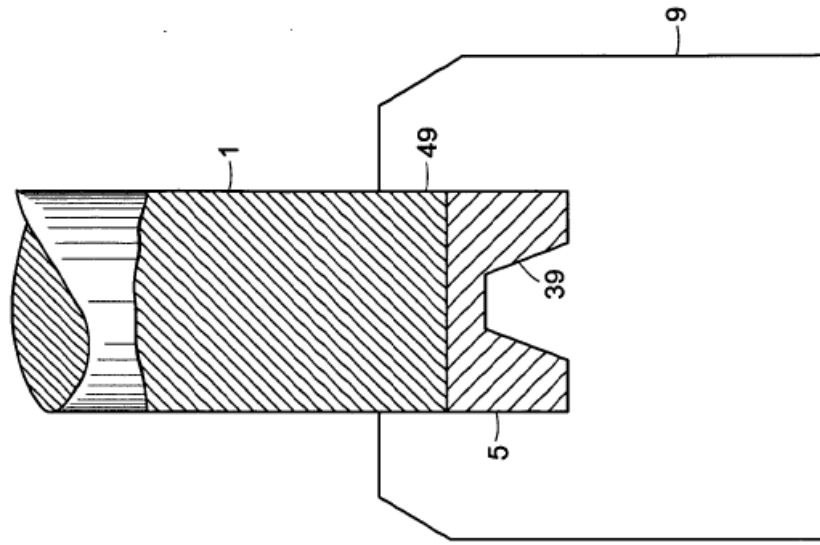


FIG. 5

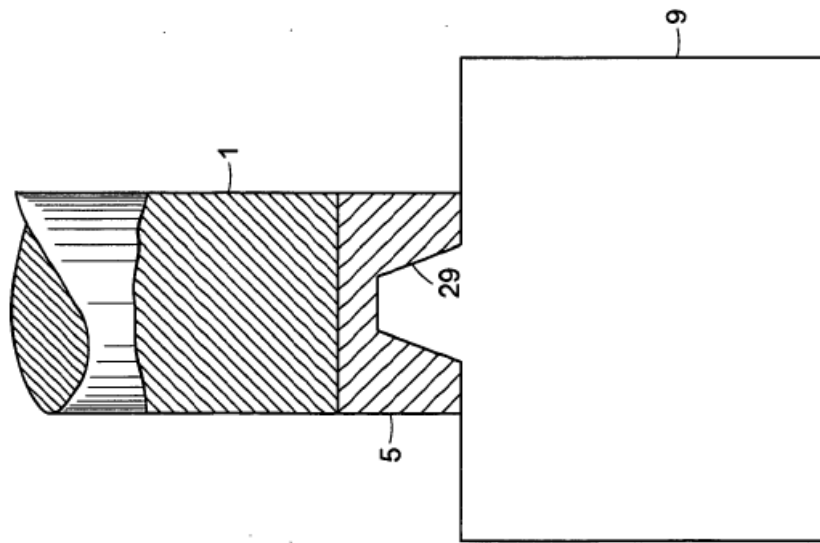


FIG. 4

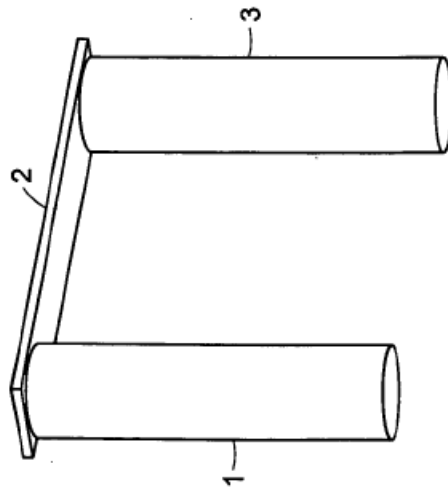


FIG. 6

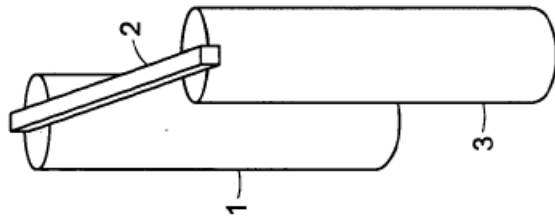


FIG. 8

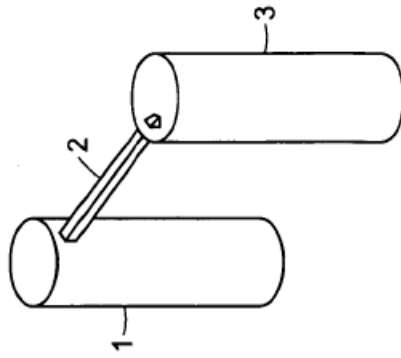


FIG. 10

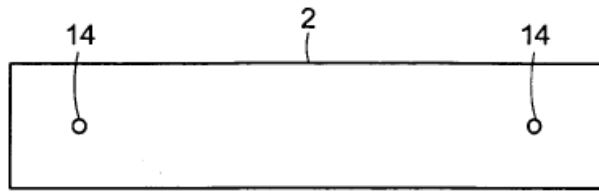


FIG. 7A

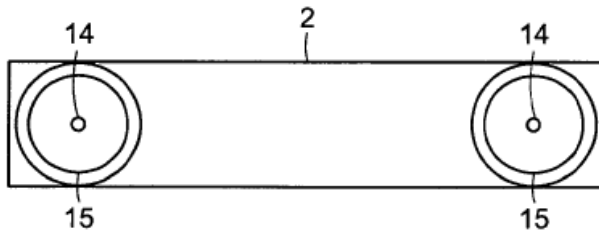


FIG. 7B

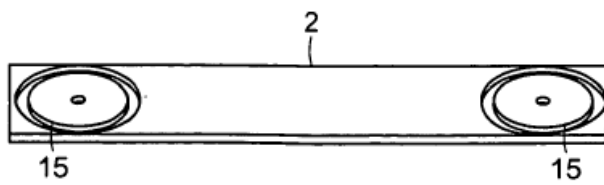


FIG. 7C

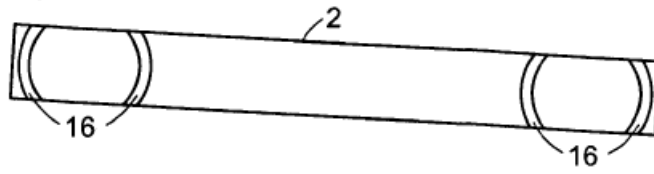


FIG. 9A

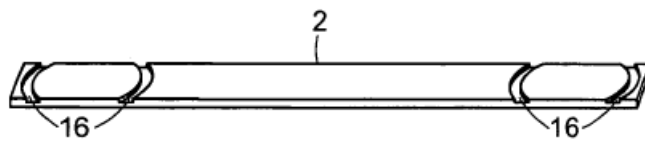


FIG. 9B

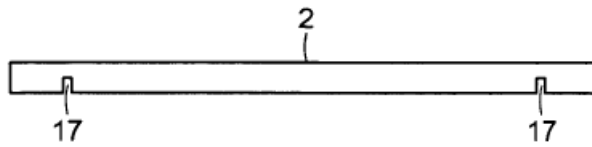


FIG. 11A

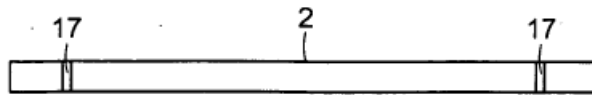


FIG. 11B