

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 444 625**

51 Int. Cl.:

**C23C 16/24** (2006.01)

**C23C 16/44** (2006.01)

**C23C 16/452** (2006.01)

**C23C 16/453** (2006.01)

**C23C 16/48** (2006.01)

**C23C 16/455** (2006.01)

**C23C 16/27** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.08.2011 E 11177929 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.10.2013 EP 2420591**

54 Título: **Aparato para deposición química de vapor por filamento caliente**

30 Prioridad:

**20.08.2010 EP 10008724**

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

**26.02.2014**

73 Titular/es:

**ECHERKON TECHNOLOGIES LTD. (100.0%)  
20 Springfield Road  
Crawley West Sussex RH11 8AD, GB**

72 Inventor/es:

**TARAZONA LABRADOR, ANTULIO, DR. y  
SMITH, RICHARD JOHN**

74 Agente/Representante:

**RUO, Alessandro**

**ES 2 444 625 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 deposición química de vapor por filamento caliente.

5 **[0001]** La invención se refiere a un aparato para la deposición química de vapor por filamento caliente de capas semiconductoras o dieléctricas. Se conoce un aparato con las características enumeradas en el preámbulo de la reivindicación 1 a partir de los documentos US 5 997 650 A, US 4 970 986 A y JP 2002 356777 A.

10 **[0002]** En la denominada deposición química de vapor por filamento caliente (HWCVD), también conocida como CAT-CVD o CVD por filamento caliente, se usan filamentos catalíticos hechos de catalizadores como tungsteno, tántalo o molibdeno para convertir catalíticamente moléculas precursoras en radicales que forman capas semiconductoras o dieléctricas.

15 **[0003]** Se coloca al menos un filamento, normalmente un conjunto de filamentos, en una cámara que después se evacua por debajo de la presión atmosférica. Instalando varios filamentos en un conjunto pueden aumentarse de forma favorable las velocidades de deposición. Entonces, los filamentos se calientan hasta temperaturas por encima de 1400 °C pasando una corriente eléctrica a través de ellos. Después, se introducen precursores o vapores de gas en la cámara y se descomponen por el filamento catalítico caliente, para producir radicales necesarios para la deposición.

20 **[0004]** El objeto de la presente invención es mejorar la calidad y uniformidad de las capas depositadas y, al mismo tiempo, reducir los costes de mantenimiento optimizando tanto el conjunto de filamentos, la eliminación de obturadores mecánicos entre el filamento y los sustratos, la distribución de un gas precursor, la simplificación del control de la temperatura del sustrato y un procedimiento para reducir al mínimo los efectos de la deposición parásita de las paredes de la cámara y los accesorios.

**[0005]** Este objeto se resuelve mediante un aparato que tiene las características de la reivindicación 1.

30 **[0006]** El conjunto de filamentos se sostiene preferiblemente en un plano paralelo a los sustratos. Es normalmente una disposición horizontal donde los sustratos se sitúan por encima y/o por debajo de los filamentos. Como alternativa, puede usarse una disposición vertical con los sustratos sobre uno o ambos lados del conjunto de filamentos.

35 **[0007]** Los filamentos se conectan a los terminales de una fuente de tensión para causar un calentamiento eléctrico por encima de 1400 °C. Esto da como resultado una expansión térmica significativa de los filamentos. De acuerdo con un aspecto de la presente invención, los filamentos se mantienen preferiblemente a una tensión constante para impedir la flexión y la vibración, así como proporcionar una distribución de la temperatura uniforme en el sustrato o sustratos. Esto puede conseguirse porque el filamento se sostiene entre dos soportes que son móviles el uno con respecto al otro para compensar la expansión térmica del filamento. En el caso más sencillo, uno de los soportes puede tener un lastre fijado a la parte inferior de un filamento que cuelga en vertical. Este lastre mantendrá una tensión constante del filamento. Preferiblemente, los soportes son parte de una disposición tensora ajustable que permite el ajuste de la distancia de los soportes mientras los filamentos están calientes y sin interrumpir el vacío en la cámara. Para tensar el filamento y mover los soportes entre sí, la disposición tensora puede comprender, por ejemplo, un resorte y/o un motor.

45 **[0008]** Los gases precursores se inyectan de tal forma que entran en contacto con el conjunto de filamentos caliente antes de alcanzar los sustratos. Una realización preferida inyecta los gases en el mismo plano que el conjunto de filamentos. Los gases se distribuyen de forma homogénea sobre la longitud de los filamentos para asegurar la uniformidad de las capas depositadas.

50 **[0009]** Es habitual que varias capas con diferentes características tengan que depositarse sobre el mismo sustrato; la concentración relativa y la cantidad total de los gases tiene que cambiarse durante el procesamiento. El enfoque más común para asegurar la composición de gas deseada de las capas depositadas es usar un obturador mecánico que impide la deposición durante la transición entre los cambios de composición del gas. Desafortunadamente, un obturador mecánico puede liberar partículas y contaminantes que reducen la calidad de la película que se deposita. También introduce una fuente de mantenimiento frecuente que lo hace desventajoso para aplicaciones de producción de gran volumen. Por consiguiente en la presente invención, la entrada de la cámara de tratamiento está conectada a una válvula de derivación para desviar el flujo de gas de tratamiento lejos de la cámara de tratamiento para permitir cambios rápidos de la composición de gas.

60 **[0010]** Aspectos y ventajas adicionales de la presente invención se explican a continuación con respecto a la figura adjunta que ilustra una realización preferida de la invención. Las partes correspondientes de las diferentes realizaciones se marcan con números de referencia idénticos.

- Figura 1 muestra esquemáticamente una disposición de derivación para inyectar gas en una cámara de tratamiento
- Figura 2 muestra esquemáticamente una disposición del conjunto de filamentos y los inyectores de gas.
- Figura 3 muestra esquemáticamente una realización preferida de un inyector de gas.
- Figura 4 muestra una microscopía de electrones del medio poroso de los inyectores de gas.

**[0011]** La disposición esquemática mostrada en la figura 1 comprende un inyector de gas 1 en el interior de una cámara de tratamiento 2, que está conectado a una bomba de vacío 3. El suministro de gas de tratamiento 4 fluye a través de una válvula de tres vías 5.

**[0012]** Típicamente, los gases de tratamiento se controlan usando controladores de flujo de masa (MFC, *Mass Flow Controllers*). Se sabe bien que cuando un MFC se enciende con frecuencia excederá el punto de referencia antes de estabilizar el caudal. Esto puede tardar varios segundos, durante los cuales la composición de la mezcla de gas que fluya a la cámara de tratamiento puede ser significativamente diferente a la receta. Los filamentos en el reactor de HWCVD están siempre encendidos, por lo que la deposición se iniciará con cualquier mezcla de gas presente en la cámara de tratamiento. Esto puede conducir a capas depositadas de calidad deficiente.

**[0013]** Por lo tanto, se usa una válvula de tres vías 5 para derivar la cámara mientras los flujos de gas se ajustan y se estabilizan. Los gases fluyen directamente a la bomba de vacío 3. Una vez que los flujos se estabilizan, la válvula de tres vías puede moverse para desviar los gases a la cámara de tratamiento por lo que la deposición puede comenzar. Al final del proceso, la posición de la válvula se invierte para detener la deposición en muy poco tiempo. Esta secuencia puede repetirse para ajustar la composición de los gases de acuerdo con las capas que sea necesario depositar.

**[0014]** Colocando la válvula de tres vías 5 cerca del inyector de gas 1, el volumen de gas residual en la canalización y la cámara de tratamiento puede minimizarse. La disposición de derivación permite cambios discretos en la química del proceso y las capas depositadas.

**[0015]** Preferiblemente, la válvula de tres vías no debería tener una posición de retención para impedir el funcionamiento en vacío del suministro de gas por MFC. En lugar de usar una válvula de tres vías, podría hacerse una disposición de derivación similar usando múltiples válvulas de dos vías conectadas a un colector.

**[0016]** La disposición mostrada esquemáticamente por la figura 2 comprende un conjunto de filamentos 6 para la conversión catalítica de moléculas precursoras como silano. Un extremo del conjunto de filamentos está conectado a un electrodo 7, preferiblemente fijo, que, a su vez, está conectado a un suministro eléctrico. El extremo opuesto del conjunto está conectado a otro electrodo 8 que puede moverse libremente a lo largo del eje de los filamentos. Aplicando una fuerza de tracción a este electrodo libre, cada uno de los filamentos en el conjunto puede mantenerse en tensión. El extremo libre está fijado eléctricamente al terminal opuesto del suministro eléctrico. Se usan una o más varillas guía 9 para asegurar que los filamentos permanecen paralelos al sustrato 10.

**[0017]** Una realización preferida de la invención monta los filamentos en una configuración vertical ya que esto permite utilizar la gravedad para aplicar una fuerza de tracción a los filamentos. La disposición más sencilla para mantener la tensión es aplicar directamente un peso al extremo libre de los filamentos.

**[0018]** Sin embargo, una disposición tensora ajustable permite un fácil reglaje del conjunto mientras los filamentos están calientes y sin interrumpir el vacío en la cámara. La fuerza de tracción puede ajustarse para asegurar que los filamentos están alineados, minimizando al mismo tiempo cualquier exceso de carga en los filamentos y maximizando la vida del filamento. Por lo tanto, una disposición alternativa fija el extremo libre de los filamentos a una unidad de fuelle en contrafase 11, a través de un resorte 12.

**[0019]** El fuelle elimina la necesidad de un sello dinámico para el vacío, al mismo tiempo que permite el ajuste de la tensión desde el exterior de la cámara. Están disponibles unidades en contrafase operadas de forma manual convencionales con un bloqueo de posición lineal. Como alternativa, podría usarse un mecanismo automatizado, usando típicamente un motor por etapas, para variar la posición lineal.

**[0020]** El resorte 12 se usa para mantener la tensión en los filamentos al mismo tiempo que ayuda a amortiguar la vibración.

**[0021]** El diámetro de los filamentos se selecciona de tal manera que sea parte del sistema de control de temperatura del sustrato para evitar el uso de refrigeración activa. Por ejemplo, si se emplean filamentos con un diámetro de aproximadamente 0,1 mm que funcionan a aproximadamente 2000 °C para la deposición de capas de silicio, entonces está disponible una ventana de proceso de temperatura entre 380 °C y 650 °C sin refrigeración

activa y han de añadirse calentadores adicionales. Para temperaturas por debajo de 380 °C, deberían usarse filamentos con un diámetro de 0,05 mm o menos. Además, deberían usarse filamentos con un diámetro por encima de 0,15 mm para temperaturas por encima de 650 °C.

5 **[0022]** Con el fin de depositar capas de silicio sobre un sustrato, entonces, se introducen precursores o vapores de gas que contienen moléculas precursoras en la cámara y se descomponen por el filamento catalítico caliente 6 que convierte así las moléculas precursoras catalíticamente en radicales.

10 **[0023]** En una realización preferida de la invención, los inyectores de gas 1 se montan en el mismo plano que el conjunto de filamentos. Los inyectores tienen tanta cobertura como el sustrato para asegurar un flujo de gas distribuido de forma uniforme y, por lo tanto, incluso el crecimiento de la película, por toda la zona de deposición.

15 **[0024]** La figura 3 muestra una vista frontal y una vista en sección transversal de los inyectores de gas. Los precursores de gas se introducen en una entrada 13, y salen de una salida 14 como un flujo distribuido uniformemente. Esto se consigue usando un medio poroso 15. El material preferido para el medio poroso es una lámina plana de fibra de acero inoxidable sinterizado, con un grosor entre 0,25 y 1,5 mm. La porosidad preferida debe estar entre el 50% al 90% dependiendo del intervalo de presión y la viscosidad del gas. La permeabilidad del aire a 2 Bar debe estar en el intervalo entre 10 y 1800 l/min/dm<sup>2</sup>. Obviamente pueden usarse otros materiales, otros metales, polímeros o cerámica.

20 **[0025]** En una realización preferida, el medio poroso 15 se sitúa en ángulo a la salida 14, de tal forma que no hay línea de visión entre la salida y el medio poroso. Esto impide que se produzca la deposición sobre la superficie del medio poroso, lo que de otro modo conduciría a obstrucciones.

25 **[0026]** Se ha demostrado que puede usarse HWCVD como procedimiento para eliminar la deposición parásita sobre las paredes y accesorios de la cámara de deposición. Sin embargo, la velocidad de eliminación, como máximo unos pocos nm/min, es también demasiado pequeña para permitir una implementación comercial, donde se requieren unos pocos μm/min. El presente aparato supera este problema produciendo un plasma de H<sub>2</sub> o H<sub>2</sub>/Ar en el intervalo de presión entre 0,5 y 30 mbar usando los filamentos como fuente de excitación.

30

**REIVINDICACIONES**

1. Un aparato para realizar la deposición química de vapor por filamento caliente de capas semiconductoras o dieléctricas, que comprende  
5 una cámara de tratamiento (2) que tiene una entrada (1) y una salida, un filamento calentado eléctricamente (6) para la conversión catalítica de moléculas de gas precursor, y soportes (7, 8) entre los cuales se mantiene el filamento, en el que la entrada (1) está conectada a una válvula de derivación (5) para desviar un flujo de gas de tratamiento lejos de la cámara de tratamiento (2) para permitir cambios rápidos de la composición de gas,  
10 **caracterizado porque** la entrada (1) está cubierta por un distribuidor de gas hecho de un material poroso para distribuir de forma uniforme un flujo de gas a lo largo de una longitud.
2. Un aparato de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** el filamento se sostiene entre unos soportes (7, 8) que son móviles el uno con respecto al otro para compensar la expansión térmica del filamento.  
15
3. Un aparato de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** al menos uno de los soportes (8) comprende un resorte (12) para tensar el filamento.
4. Un aparato de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** al menos uno de los soportes (8) comprende un mecanismo para ajustar la tensión del filamento desde el exterior de la cámara de vacío.  
20
5. Un aparato de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el mecanismo comprende una unidad de fuelle (11) para desplazar el soporte (8) desde el exterior de la cámara de vacío.  
25
6. Un aparato de acuerdo con la reivindicación 5, **caracterizado porque** la unidad de fuelle es una unidad de fuelle lineal.
7. Un aparato de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el soporte móvil (8) está conectado a una guía lineal, preferiblemente una varilla guía.  
30
8. Un aparato de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el filamento se dispone en vertical.  
35
9. Un aparato de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el filamento es parte de un conjunto de filamentos.
10. Un aparato de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el material poroso es metal poroso sinterizado, preferiblemente mallas metálicas sinterizadas, o cerámica porosa.  
40
11. Un aparato de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el distribuidor de gas está en el mismo plano que el conjunto de filamentos.
- 45 12. Un aparato de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** no hay línea de visión entre el conjunto de filamentos y la membrana del distribuidor de gas.

Fig 1

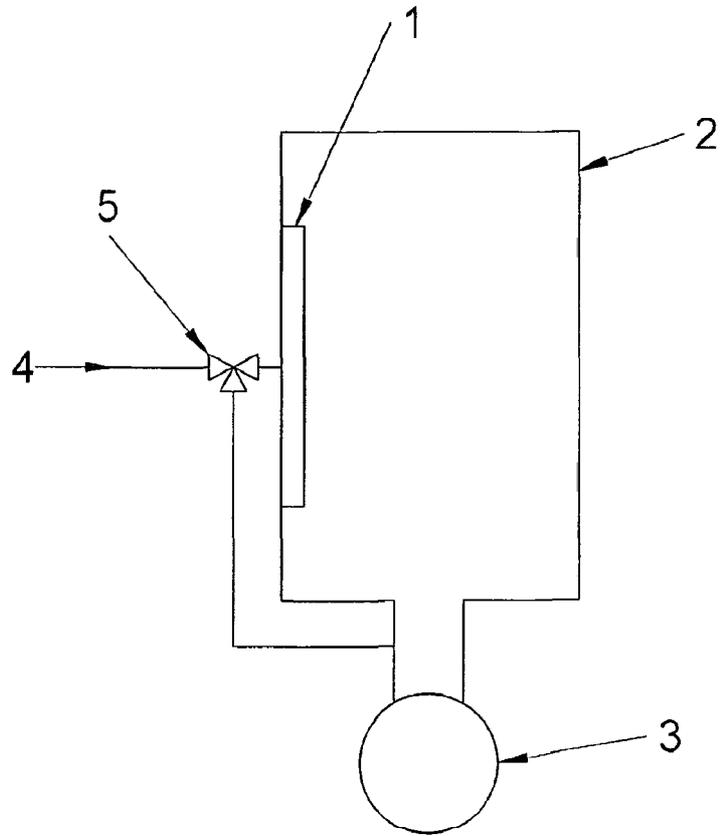


Fig 2

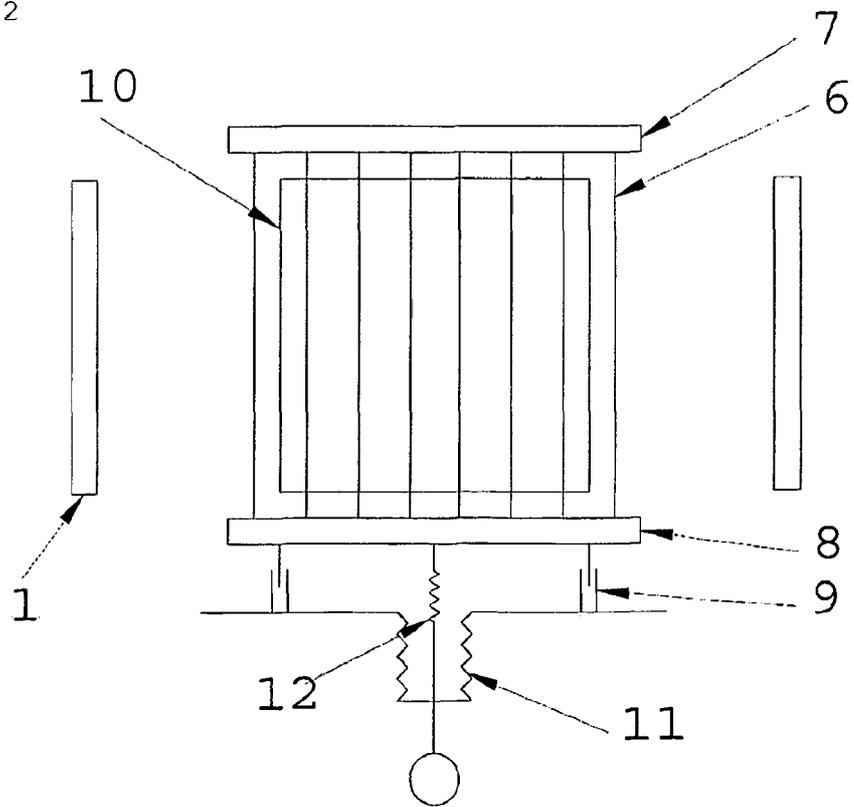


Fig 3

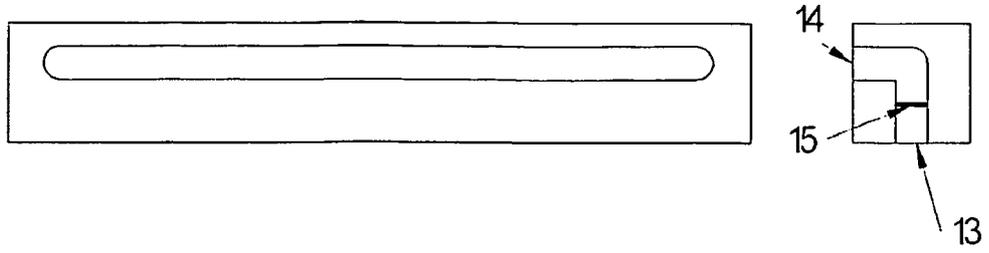


Fig 4

