

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 770 131**

21 Número de solicitud: 201831305

51 Int. Cl.:

C23C 14/26 (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN

B2

22 Fecha de presentación:

31.12.2018

43 Fecha de publicación de la solicitud:

30.06.2020

Fecha de concesión:

30.10.2020

45 Fecha de publicación de la concesión:

10.11.2020

73 Titular/es:

**CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES
CIENTÍFICAS (CSIC) (100.0%)
C/ Serrano, 117
28006 Madrid (Madrid) ES**

72 Inventor/es:

**AZNÁREZ CANDAO, José Antonio;
MÉNDEZ MORALES, José Antonio;
SÁNCHEZ OREJUELA, José María y
LARRUQUERT GOICOECHEA, Juan Ignacio**

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

54 Título: **FUENTE TÉRMICA DE TIPO RESISTIVO PARA DEPOSICIÓN DE LÁMINAS DELGADAS MEDIANTE EVAPORACIÓN EN VACÍO**

57 Resumen:

Fuente térmica de tipo resistivo para deposición de láminas delgadas mediante evaporación en vacío. Comprende: - una parrilla (10, 11) que está formada por una pluralidad de hilos (12) de metal refractario que están yuxtapuestos uno al lado de otro en paralelo, estando la parrilla (10, 11) destinada a soportar una cantidad de un material evaporante (13) fundido, para ser evaporado en vacío con el fin de formar un depósito en forma de lámina delgada, donde los hilos (12) comprenden dos extremos; y dos casquillos de conexión (14), localizados en los extremos, y que mantienen unidos todos los hilos (12) entre sí, y facilitan la conexión de los hilos (12) con una fuente de electricidad. Se puede emplear una parrilla recta (10), con hilos (12) rectos, o una parrilla curvada (11), con hilos (12) que presentan una parte curvada formando una diferencia de nivel (R).

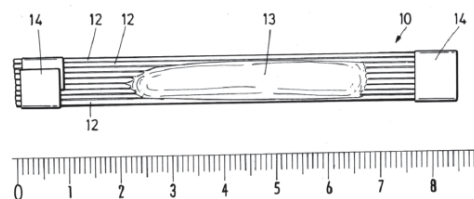


FIG.2

ES 2 770 131 B2

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 41 LP 24/2015. Dentro de los seis meses siguientes a la publicación de la concesión en el Boletín Oficial de la Propiedad Industrial cualquier persona podrá oponerse a la concesión. La oposición deberá dirigirse a la OEPM en escrito motivado y previo pago de la tasa correspondiente (art. 43 LP 24/2015).

DESCRIPCIÓN

FUENTE TÉRMICA DE TIPO RESISTIVO PARA DEPOSICIÓN DE LÁMINAS DELGADAS MEDIANTE EVAPORACIÓN EN VACÍO

5

OBJETO DE LA INVENCION

La invención se encuadra en el sector de la Física de la Materia Condensada, y en particular en el subsector de Preparación de Láminas Delgadas en Vacío, con aplicaciones en múltiples áreas, desde la Óptica a la Metalurgia.

10

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

La preparación de láminas delgadas de diversos materiales por deposición en vacío se inicia a finales del siglo XIX y adquiere importancia creciente según avanza el siglo XX. Entre otros muchos trabajos, podemos citar los de J.Strong en la década de los años 30 por su contribución a la preparación de espejos para telescopios mediante la evaporación de aluminio desde fuentes resistivas. También, los trabajos de Hass, Hunter, Tousey, Osantowski y otros, publicados a lo largo de más de una década alrededor de los años 60 del siglo XX.

15

20

Para la realización de estas deposiciones en vacío se vienen diseñando y fabricando distintos tipos de fuentes de evaporación, como hornos, crisoles y filamentos. En particular, adquirieron un rápido desarrollo las fuentes denominadas fuentes resistivas, que están fabricadas con materiales resistivos formados por metales de alto punto de fusión y resistencia eléctrica no despreciable, lo cual permite su calentamiento mediante el paso de una corriente eléctrica. En las fuentes resistivas, el material a evaporar, denominado material evaporante, está en contacto directo con el material resistivo. De este tipo de fuentes, las más usuales son las denominadas "navecillas" y "filamentos", según se fabriquen respectivamente con chapas o con hilos del material resistivo. Las navecillas emiten el vapor del material evaporante como máximo en una semiesfera, mientras que los filamentos lo hacen prácticamente en todo el ángulo sólido. Las navecillas pueden resultar más eficientes en el aprovechamiento de la carga del material evaporante; sin embargo, su reducido espesor las hace sensibles a la corrosión que puede derivarse de la reacción con ciertos evaporantes fundidos, por ejemplo, el aluminio, lo cual reduce significativamente su vida útil.

25

30

35

Los materiales más comúnmente utilizados para la fabricación de fuentes de evaporación resistivas son wolframio, molibdeno y tántalo, los cuales constituyen los denominados metales refractarios, que reúnen un elevado punto de fusión, una baja presión de vapor, incluso a temperaturas elevadas, y ser relativamente inertes a la reacción con los materiales a evaporar. Obviamente, han de ser compatibles con el proceso a realizar, es decir que han de poder soportar la corriente que los atraviese para evaporar el material evaporante seleccionado, y no deben sufrir fenómenos de corrosión causados por el material evaporante en estado fundido.

5

10

Los filamentos fabricados con estos metales refractarios han adquirido gran desarrollo, pues son eficaces en la transmisión de calor al material a evaporar; son baratos y fáciles de fabricar, así como sencillos de instalar y poner en funcionamiento. Los modelos más extendidos son los de forma helicoidal y las cestillas cónicas, con distintas dimensiones y diámetros de hilo, y todos ellos fabricados con hilos simples o hilos trenzados. La figura 1 adjunta describe un ejemplo de un modelo de tipo helicoidal.

15

Los distintos modelos de estas fuentes de evaporación resistivas se hallan descritos con detalle en los catálogos de productos de las principales empresas relacionadas con el ámbito de la tecnología de vacío y la preparación de láminas delgadas.

20

La lista de materiales más comunes que pueden ser evaporados mediante filamentos incluye: Aluminio; Antimonio; Cobalto; Cromo; Estroncio; Hierro; Manganeso; Níquel; Nichrome Ni/Cr; Niobio; Paladio; Platino; Platino/Paladio (aleación); Titanio; Ytrio-Aluminio óxido (Y3Al5O12); Zirconio.

25

Los filamentos helicoidales (1) como el mostrado en la figura 1 constituyen una configuración de fuente térmica resistiva de muy amplio uso, si bien la utilización de los filamentos helicoidales (1) como fuentes de evaporación para la producción de láminas delgadas en vacío presenta ciertas limitaciones. Son, principalmente, las siguientes:

30

1. Limitación en la masa de evaporante que se puede cargar en el filamento helicoidal (1).

Eso se debe en primer término a que la cantidad máxima de evaporante viene determinada por el hueco (2) cilíndrico de la hélice, donde los estándares más habituales apenas exceden de 10 mm de diámetro para dicho hueco (2).

35

Este límite máximo se reduce necesariamente pues, si la carga de evaporante es grande, pueden producirse dos situaciones problemáticas: 1) Que, en el momento de fundirse el evaporante, denominado también "carga", una parte de la carga se caiga del filamento helicoidal (1) porque el peso de la masa fundida sea mayor que la adherencia de la carga al filamento helicoidal (1); y 2) Que el evaporante fundido forme puentes entre las espiras (3) del filamento helicoidal (1). Estos puentes, debido a su menor resistencia eléctrica y mayor masa, se encuentran a una temperatura más baja que la de las otras partes del filamento helicoidal (1) simplemente impregnadas, y por tanto, dan lugar a una evaporación ineficiente. Además, se crea una transición brusca de alta a baja temperatura en el punto de unión filamento helicoidal (1)-puente. En la zona de alta temperatura se puede producir un desgaste rápido y consiguiente rotura del filamento helicoidal (1) por autoevaporación. Además, en el caso de que el evaporante fundido reaccione con el material refractario del filamento, se incrementa la velocidad de desgaste del filamento helicoidal (1) en el punto de inserción y con ello su rápida ruptura.

Si los puentes entre espiras (3) se forman cerca de los extremos del filamento helicoidal (1), el efecto negativo se incrementa. Los extremos son zonas más frías que el centro debido a la influencia de unas mordazas de conexión, no mostradas en la figura 1, que conectan el filamento helicoidal (1) a unos electrodos, y que actúan como sumideros de calor. En consecuencia, el material del puente queda inservible para la evaporación porque no es conveniente elevar la temperatura de esas zonas frías del filamento helicoidal (1) hasta alcanzar valores de evaporación. En muchos casos, esta elevación de temperatura no se podría conseguir, o requeriría un gran incremento de la potencia eléctrica suministrada. Y, por otro lado, al elevar la temperatura de las zonas que hemos denominado "frías", la temperatura de las zonas centrales del filamento se eleva considerablemente, acelerando la autoevaporación y posterior rotura del filamento helicoidal (1).

2. Influencia de la limitación de carga en el coste de la fuente de evaporación.

La limitación de carga, según se ha expuesto anteriormente, puede exigir una multiplicación del número de fuentes de evaporación y/o una frecuente sustitución de dichas fuentes de evaporación, para disponer de filamentos helicoidales (1) en óptimas condiciones. Cuantitativamente, considerando un cociente entre la masa del material evaporante y la masa del material (por ejemplo, wolframio) que constituye el filamento helicoidal (1), se tiene que, si el referido cociente es más bajo, quiere decir que la masa de filamento helicoidal (1)

que es necesaria para evaporar una unidad de masa de evaporante es más elevada, por lo que es deseable disponer de fuentes con un cociente mayor, lo cual se traduciría en un menor coste económico.

5 3. Baja fiabilidad en el confinamiento de la carga de evaporante.

La necesidad de manejar mayores cantidades de evaporante requiere incrementar el diámetro de las espiras (3). Asimismo, el interés en evitar la formación de puentes entre espiras (3) por el evaporante fundido, lleva a una separación entre espiras (3) que no puede ser pequeña, lo cual incrementa el riesgo de que una parte de la masa del evaporante fundido pueda caerse. En conjunto, todo esto supone una incertidumbre en la operación de fusión, extensión y confinamiento del evaporante en toda la dimensión del filamento helicoidal (1).

15 4. Baja eficiencia de la emisión de vapor desde el filamento helicoidal (1).

La emisión de vapor desde un filamento helicoidal (1) se produce en el ángulo sólido prácticamente completo a su alrededor, con una menor emisión en la dirección axial del filamento helicoidal (1). Esta distribución permite efectuar las evaporaciones sobre sustratos colocados tanto por encima como por debajo de los filamentos helicoidales (1), como por ejemplo en el caso de algunos espejos de telescopios. Sin embargo, dado que en la casi totalidad de los casos el sustrato sobre el que se deposita el material ocupa solamente una parte reducida de un hemisferio, la consecuencia es que una parte no despreciable del material evaporado se desaprovecha, puesto que va a parar a las paredes de la cámara de evaporación o a superficies equivalentes de protección o enmascaramiento.

El documento US2009038541A1 hace referencia a un proceso de deposición en el que el calentamiento se realiza mediante al menos un filamento, que pueden ser varios filamentos, generalmente denominado un "array" de filamentos, que pueden estar conectados tanto en serie como en paralelo, donde en el caso de conexión en paralelo, se reduce el voltaje aumentándose la corriente.

Por su parte, el documento US6582780B1 describe un array de filamentos paralelos para el calentamiento mediante el paso de una corriente eléctrica. El array puede ser vertical y/o horizontal y estar constituido por filamentos de wolframio, tántalo, molibdeno, renio, (siendo el wolframio el preferido) que están conectados en sus extremos a dos electrodos.

Asimismo, el documento WO2011106624A1 se refiere a la utilización de un array de filamentos, tanto de tántalo como de wolframio, que están formando una rejilla que a los lados tiene dos elementos de contacto eléctrico por los que le llega corriente al array de filamentos. Esta publicación recoge pues que el dispositivo de calentamiento es un conjunto de primeros filamentos paralelos conectados en sus extremos y que además están formando una trama con otros segundos filamentos entrecruzados en otra dirección con los primeros.

Finalmente, en el documento US5160544A se proponen varias configuraciones para los filamentos calefactores de modo que se adapten a los resultados deseados en la deposición en vacío. En particular, el dispositivo calefactor está formado por al menos dos filamentos (de wolframio o tántalo) paralelos con elementos de contacto en sus extremos.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCIÓN

La presente invención introduce una fuente térmica de tipo resistivo, adecuada para deposición de láminas delgadas mediante evaporación en vacío (tanto en alto vacío como en ultra alto vacío), por medio de deposición física en fase vapor (PVD), donde la fuente térmica presenta características mejoradas con respecto a las fuentes resistivas de evaporación conocidas y presentes en el suministro habitual para industrias y laboratorios.

Se entiende como "lámina delgada", en el sector de la invención, a una capa plana de materia cuyo espesor está comprendido entre una fracción de nanómetro (monocapa) y varios micrómetros.

La invención, una fuente de evaporación de tipo multifilar, mejora las características de los filamentos y las navecillas, consiguiendo así mejorar la eficiencia de los procesos de evaporación.

La fuente térmica de la invención comprende una parrilla formada por un conjunto de hilos, preferentemente hilos simples, de metal refractario, que están yuxtapuestos uno al lado de otro en paralelo. Los hilos así dispuestos son capaces de soportar una cierta cantidad de material evaporante, antes y después de ser fundido, que está destinado a ser evaporado en vacío para formar un depósito en forma de lámina delgada.

La fuente de evaporación comprende adicionalmente dos casquillos de conexión localizados en sus extremos. Estos casquillos de conexión tienen una doble función: por una parte, mantienen mecánicamente unidos los hilos que forman la parrilla, conectando los hilos y por tanto preservando así la configuración de la parrilla. Por otra parte, aseguran la conexión eléctrica de los hilos entre sí y del conjunto de los hilos con una fuente de alimentación destinada a alimentar la fuente de evaporación, por ejemplo, con unas mordazas de apriete asociadas con los electrodos pasamuros que proporcionan la corriente eléctrica necesaria para el funcionamiento de la fuente. De esta manera, se consigue que circule una corriente eléctrica por todos los hilos de la parrilla, preferentemente por igual, y así elevar, en su caso de modo uniforme, la temperatura de dichos hilos hasta la temperatura necesaria para la evaporación. Los casquillos de conexión están formados preferentemente por una chapa fina de metal buen conductor y moldeable (cobre, molibdeno, tántalo, etc) que envuelve el conjunto de los hilos en cada extremo. La longitud de la chapa fina usada debe bastar para dar entre una y dos vueltas al conjunto de los hilos. La anchura de la chapa fina, o lo que es lo mismo, la del casquillo de conexión no es necesario que sobresalga de la mordaza de apriete asociada a un electrodo de corriente eléctrica correspondiente.

La fuente térmica con parrilla multifilar anteriormente descrita, debido a sus materiales, formación y empaquetado, resulta totalmente adecuada para la producción de láminas delgadas por evaporación en sistemas tanto de alto vacío como de ultra alto vacío.

Entre los materiales evaporantes más idóneos para ser evaporados empleando la fuente de la invención, se encuentran aquellos anteriormente mencionados: Aluminio; Antimonio; Cobalto; Cromo; Estroncio; Hierro; Manganeso; Níquel; Nichrome Ni/Cr; Niobio; Paladio; Platino; Platino/Paladio (aleación); Titanio; Ytrio-Aluminio óxido (Y3Al15O12); Zirconio.

Se desea destacar que el concepto de uso de una parrilla o un filamento en la presente invención no guarda ninguna relación con el uso de parrillas o filamentos en la técnica de deposición de recubrimientos denominada "deposición química de fase de vapor" (CVD, del inglés *chemical vapour deposition*), en algunas de cuyas variantes se emplea un filamento. Los documentos citados en los antecedentes pertenecen al campo de CVD, en el cual el filamento se emplea para disociar el gas precursor del depósito, de modo que el producto de la disociación es el que da lugar al depósito. En contraste con lo anterior, la presente invención se aplica a la técnica de deposición por evaporación en condiciones de vacío, que se encuentra dentro del grupo de técnicas de deposición física en fase vapor (PVD, del inglés *physical vapour deposition*). En el presente caso, el objetivo del filamento es, por una

parte, dar soporte al sólido que se va a evaporar y, por otra parte, transmitir calor a ese sólido por contacto para evaporarlo.

5 Las diferencias existentes entre la presente invención y los documentos citados se pueden resumir en: 1) La invención se refiere al campo PVD, mientras que los documentos citados se aplican en CVD; 2) En la presente invención se produce una interacción del filamento con el material evaporante, mientras que en los documentos citados se produce interacción con un gas; 3) En la presente invención, se produce un proceso físico de evaporación de moléculas, y posterior deposición (sin reacción química), mientras que, en los documentos
10 citados, se produce un proceso químico de disociación molecular y una posterior reacción química.

Esta invención propone un diseño sencillo en su configuración y materiales que permite aumentar las posibilidades de las fuentes de evaporación al dotarlas de prestaciones
15 mejoradas frente a las de las fuentes actuales. Seguidamente se exponen los aspectos ventajosos de la presente invención.

1. Mayor capacidad de carga de material evaporante con respecto a la de los filamentos helicoidales clásicos.
20

Tomamos como referencia de carga para un filamento helicoidal aquella con la cual no se producirán puentes importantes entre espiras ni habrá riesgo elevado de caída de la carga fundida.

25 Al comparar las prestaciones de los dos tipos de filamentos (parrilla vs filamento helicoidal) en unidades fabricadas con dimensiones parecidas, podemos decir que:

- La masa de la carga que admite una parrilla es más de dos veces la de un filamento helicoidal de longitud y potencia eléctrica semejantes.
- En términos relativos de masa de evaporante por unidad de masa del metal resistivo que constituye la fuente de evaporación, encontramos también un
30 aumento en al menos un factor 2 de ese cociente para las parrillas frente a los filamentos helicoidales. Se obtiene así una característica mejorada para las parrillas en los términos mencionados anteriormente respecto de la Influencia de la limitación de carga en el coste de la fuente de evaporación.

35 2. Mayor eficacia en la emisión de la nueva fuente en la dirección cenital a la fuente.

La diferencia a favor de la nueva fuente, denominada parrilla, radica en que su emisión en la dirección cenital a la fuente, es decir, en la dirección perpendicular al plano de los hilos por su centro, es superior a la emisión de los filamentos helicoidales en un porcentaje que varía
5 entre un 30% y un 60% por unidad de masa evaporada. La emisión de la nueva fuente mantiene la misma posibilidad de los filamentos helicoidales de evaporar sobre sustratos colocado tanto por encima como por debajo del filamento.

3. Simplificación del proceso de fabricación.

10 La geometría sencilla de las nuevas fuentes: supone una simplificación del proceso de producción, una reducción del material resistivo necesario y/o una reducción del tiempo de ejecución de la fuente, todo lo cual puede significar una reducción en los costes de fabricación de la nueva fuente.

15 4. Fiabilidad y sencillez en la colocación de la carga del evaporante.

La parrilla presenta, en su parte más baja, una superficie de orientación cercana a la horizontal para hacer descansar el evaporante, que es más extensa y compacta que la de
20 los filamentos helicoidales de dimensiones semejantes. Por ello la carga se coloca fácilmente en su posición de uso y la posibilidad de caída de la carga, tanto en su colocación como durante el proceso de fusión se reducen notablemente. Se consigue así una manipulación más sencilla y segura durante esta fase del proceso de evaporación de materiales.

25 5. Facilidad en la regulación de la temperatura de evaporación de las nuevas fuentes.

Las parrillas del nuevo diseño mantienen la facilidad de regulación de la temperatura de trabajo de las fuentes resistivas, operación que se realiza mediante el control de la tensión e
30 intensidad eléctricas aplicadas. Este objetivo se logra sin dificultad con las fuentes de alimentación habituales para las fuentes de evaporación resistivas.

6. Diseño escalable de la fuente de evaporación que se propone.

El diseño de las parrillas propuestas es totalmente escalable. Esto permite adaptar fácilmente sus dimensiones a las dimensiones de cualquier cámara de vacío en la que se van a instalar y/o al espesor de las láminas delgadas que se pretende obtener.

- 5 7. Compatibilidad de la fuente de evaporación que se propone con procesos en ultra alto vacío (UHV).

10 Las parrillas del nuevo diseño aquí presentadas, al igual que las fuentes de evaporación convencionales, tales como los filamentos y navcillas, son totalmente adecuadas para la realización de deposiciones de una amplia gama de materiales tanto en alto vacío como en ultra alto vacío UHV.

DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

15 Para complementar la descripción que se está realizando y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, de acuerdo con un ejemplo preferente de realización práctica de la misma, se acompaña como parte integrante de dicha descripción, un juego de dibujos en donde con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

20 Figura 1.- Muestra un filamento helicoidal de los comúnmente empleados para fuentes térmicas según el estado de la técnica.

25 Figura 2.- Muestra un ejemplo de una parrilla recta de acuerdo con una realización preferente de la presente invención, formada por nueve hilos de wolframio de 1 mm de diámetro y 85 mm de longitud, y cargada con 2 gramos de aluminio profundido.

30 Figura 3.- Muestra un dibujo esquemático de una parrilla curvada en la que se aprecian las dimensiones de longitud (L), vano (V) y desnivel (R).

35 Figura 4.- Muestra un ejemplo de una parrilla curvada de acuerdo con otra realización preferente de la presente invención, formada por nueve hilos de wolframio de 1 mm de diámetro, y una longitud de 96 mm, cargada con aluminio parcialmente evaporado, mostrando acumulación preferente de la carga de aluminio en la zona inferior. Factor de forma $FF = 0,15$.

REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCION

Seguidamente se ofrece, con ayuda de las figuras 1-4 adjuntas antes mencionadas, una descripción detallada de una realización preferente de la presente invención. La invención se refiere a una fuente térmica de tipo resistivo, para depositar láminas de material, por medio de vaporación en vacío.

La fuente comprende una parrilla (10, 11) formada por un conjunto de hilos (12) de metal refractario que están yuxtapuestos uno al lado de otro en paralelo. Los hilos (12) sirven para soportar una cantidad de material evaporante (13) fundido destinado a ser evaporado en vacío para formar un depósito en forma de lámina delgada.

La fuente de evaporación comprende adicionalmente dos casquillos de conexión (14), localizados en los dos extremos de los hilos (12) para mantener unidos todos los hilos (12) entre sí. Los casquillos de conexión (14) facilitan también la conexión eléctrica del conjunto de los hilos (12) con una fuente de electricidad, para permitir que circule una corriente eléctrica por los hilos (12) y caliente dichos hilos (12) con el fin de evaporar el material evaporante (13). Preferentemente, los casquillos de conexión (14) envuelven el conjunto de hilos (12) en cada uno de los dos extremos de los hilos (12). Los casquillos de conexión (14) están fabricados preferentemente de material o materiales metálicos, así como preferentemente presentan carácter moldeable, de punto de fusión suficientemente alto y de presión de vapor suficientemente baja, tal como cobre, molibdeno o tántalo, entre otros. Asimismo, los casquillos de conexión (14) pueden estar configurados a modo de chapas.

Para facilitar mantener los hilos unidos por medio del casquillo de conexión y la mordaza de apriete, así como para facilitar que por cada hilo circule una misma intensidad de corriente, se prefiere que todos los hilos de una misma parrilla presenten un mismo diámetro.

Asimismo, se prefiere que cada hilo se encuentre en contacto con el hilo o los hilos que están en posición contigua, para facilitar la unión por medio de los casquillos de conexión.

Se describen seguidamente dos ejemplos preferentes de parrillas (10, 11) de acuerdo con la presente invención.

35

1. PARRILLAS RECTAS (10).

Las parrillas rectas (10), tal como se muestra en la figura 2, están formadas por un conjunto de hilos (12) rectos. En consecuencia, las parrillas rectas (10) muestran una configuración plana. Las parrillas rectas (10) preferentemente se emplean cuando está previsto que en el proceso de evaporación se vaya a consumir toda la cantidad de material evaporante (13) cargada sobre los hilos (12). Las parrillas rectas (10) se identifican por el número de hilos (12), el diámetro de hilo (12) y la longitud de los hilos (12).

2. PARRILLAS CURVADAS (11)

Las parrillas curvadas (11) se han representado en las figuras 3 y 4. Las parrillas curvadas (11) se pueden formar a partir de una parrilla recta (10) cuando el conjunto de hilos (12) se curva al mismo tiempo que lo hace el plano que contiene los hilos (12), de tal manera que los hilos (12) siguen manteniéndose yuxtapuestos y pasan a estar contenidos en la nueva superficie curvada. De manera preferente, los extremos de los hilos (12), envueltos en los casquillos de conexión (14), se mantienen rectos, situados en el plano original de la parrilla. En el resto de su longitud, los hilos (12) están preferentemente curvados, aunque también pueden tener algún tramo recto adicional. La porción curvada se sitúa con la concavidad hacia arriba, de modo que se forma una diferencia de nivel, también denominada "altura" (R) entre el plano de los extremos y la parte de los hilos (12) que ocupa el nivel más bajo, también denominado parte inferior (15). El material evaporante (13) depositado en los hilos (12) queda confinado, por efecto de la gravedad, en la parte inferior (15) de los hilos (12) de la parrilla curvada (11). La identificación de una parrilla curvada (11) puede hacerse, además de indicando el número de hilos (12), su diámetro, y su longitud, mediante un "factor de forma" (FF) que se obtiene al dividir la altura R por la distancia horizontal existente entre los puntos más internos de los extremos, es decir, la longitud, en proyección horizontal, de la parte curvada, denominada "vano" (V). De este modo, $FF = R / V$

La parrilla curvada (11) tiene mejor aplicación cuando la masa de material evaporante (13) cargada en los hilos (12) va a ser utilizada en varios procesos sucesivos que implican calentamiento y enfriamiento de los hilos (12). En particular, en el caso de parrillas curvadas (11), mediante la acción de la gravedad, se mejora el confinamiento del material evaporante (13) en la zona inferior de la parrilla curvada (11), contribuyendo así a un mejor aprovechamiento de la carga de material evaporante (13). En efecto, los materiales evaporantes (13), una vez fundidos, migran cuando se calientan, por lo que, en parrillas

rectas (10), parte del material evaporante (13) puede desplazarse hacia los extremos, que están más fríos, con lo que dicho material evaporante (13) queda inhabilitado para evaporarse al no alcanzar una temperatura suficiente. Por el contrario, con las parrillas curvadas (11), al concentrarse el material evaporante (13) fundido en la parte inferior (15) de la parrilla curvada (11), mejora el aprovechamiento del material evaporante (13), incrementándose en consecuencia la eficiencia de la fuente térmica.

Se han llevado a cabo ensayos de laboratorio empleando parrillas (10, 11) fabricadas con distinto número de hilos (12), diámetros de hilo, longitudes y desnivel (R). Por ejemplo, la figura 2 muestra una parrilla recta con 9 hilos (12) de wolframio de 1 mm de diámetro y 85 mm de longitud, cargada con 2 gramos de aluminio profundamente fundido como material evaporante (13). Otro ejemplo, no representado, se refiere a una parrilla recta (10) con 8 hilos (12) de wolframio de 0,7 mm de diámetro y 60 mm de longitud. Asimismo, la figura 4 muestra una parrilla curvada (11), con 9 hilos (12) de wolframio de 1 mm de diámetro, y una longitud de 96 mm, cargada con aluminio parcialmente evaporado, como material evaporante (13), mostrando acumulación de la carga de material evaporante (13) en la zona inferior (15). Otros ejemplos no representados, se refieren respectivamente a parrillas curvadas (11) con: a) siete hilos (12) de wolframio de 0,7 mm de diámetro y longitud de 70 mm cargada con 1 g de aluminio profundamente fundido y parcialmente evaporado; b) nueve hilos (12) de wolframio de 1 mm de diámetro y 107 mm de longitud.

Adicionalmente, los ensayos también han contemplado diversas configuraciones de parrilla (10, 11), variando entre formas asimilables a una V con vértice redondeado y otras más próximas a un arco de circunferencia. Se han contemplado factores de forma (FF) de entre 0,15 y 0,40. El uso de parrillas curvadas (11) con factores de forma (FF) dentro de este intervalo ha mostrado una eficiencia similar en el efecto confinador del material evaporante (13) fundido, que es lo que se busca en las parrillas curvadas (11). El intervalo indicado para el factor de forma (FF) debe considerarse como una muestra de realizaciones satisfactorias y, en ningún caso, como límites absolutos. La elección de un factor de forma (FF) concreto a la hora de diseñar una parrilla curvada (11) para un proceso determinado debe tener presente algunas consideraciones básicas aparte de los parámetros eléctricos y sus fuentes de alimentación. En particular, un factor de forma (FF) elevado ayudará a un mejor confinamiento del material evaporante (13) fundido en la zona inferior de la parrilla curvada (11). No obstante, si la carga de material evaporante (13) es elevada, un factor de forma (FF) elevado puede implicar una excesiva acumulación de material evaporante (13) fundido

en la zona inferior (15), con el consiguiente riesgo de que pueda desprenderse de la parrilla curvada (11) una parte del material evaporante (13) en forma de gran gota.

5 La combinación de diámetro del hilo (12) del metal refractario usado, el número de hilos (12) configurando la parrilla (10,11), y la longitud de la parrilla (10, 11), permiten fabricar una considerable variedad de parrillas (10, 11) con geometrías adaptadas a un amplio número de aplicaciones.

10 Concretaremos esta posibilidad ejemplificándola en dos tipos diferentes de parrillas (10, 11) que se han fabricado y empleado en los ensayos de laboratorio.

Parrilla 1.

15 Formada por 7 hilos (12) de wolframio de 0,7 mm de diámetro y longitudes de 60 y 70 mm. Se han fabricado en las dos modalidades de parrilla recta (10) y parrilla curvada (11). Se ha empleado con un voltaje de 1,30 voltios, y una intensidad de corriente de aproximadamente 180 amperios, para alcanzar una temperatura de 1200-1300°C, con una carga de material evaporante (13) de aluminio para evaporación de entre 0,6 y 0,8 gramos.

20 Parrilla 2.

25 Formada por 9 hilos (12) de wolframio de 1 mm de diámetro y longitudes de 85 mm y 100 mm. Se han fabricado también en las dos modalidades de parrilla recta (10) y parrilla curvada (11). Se ha empleado con un voltaje de 0,8 a 0,9 voltios, y una intensidad de corriente igual o inferior a 340 amperios para alcanzar una temperatura de 1200-1300°C, con una carga de material evaporante (13) de aluminio para evaporación igual o inferior a 2 gramos.

REIVINDICACIONES

1.- Fuente térmica de tipo resistivo para deposición de láminas delgadas mediante evaporación en vacío, caracterizada por que comprende:

5 - una parrilla (10, 11) que comprende una pluralidad de hilos (12) de metal refractario que están yuxtapuestos uno al lado de otro en paralelo, estando la parrilla (10, 11) destinada a soportar una cantidad de un material evaporante (13) fundido, para ser evaporado en vacío para formar un depósito en forma de lámina delgada, donde los hilos (12) comprenden dos extremos; y

10 - dos casquillos de conexión (14), localizados en los extremos, y que mantienen unidos todos los hilos (12) entre sí, para conectar los hilos (12) con una fuente de electricidad.

2.- Fuente térmica, de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizada por que la parrilla (10, 11) es una parrilla recta (10) en la que los hilos (12) son rectos, según una configuración
15 plana.

3.- Fuente térmica, de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizada por que la parrilla (10, 11) es una parrilla curvada (11), en la que el conjunto de hilos (12) comprende una parte curvada hacia abajo, existiendo una diferencia de nivel (R) entre los extremos y una parte
20 inferior (15) que ocupa el nivel más bajo, para confinar el material evaporante (13), por efecto de la gravedad, en la parte inferior (15).

4.- Fuente térmica, de acuerdo con la reivindicación 3, caracterizada por que los extremos son rectos.

25 5.- Fuente térmica, de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-4, caracterizada por que los casquillos de conexión (14) envuelven los hilos (12) en los extremos.

30 6.- Fuente térmica, de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 y 5, caracterizada por que los casquillos de conexión (14) están configurados a modo de chapas.

7.- Fuente térmica, de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-6, caracterizada por que cada hilo (12) se encuentra en contacto con el hilo (12) o los hilos (12) que le son
adyacentes.

35

8.- Fuente térmica, de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-7, caracterizada por que todos los hilos (12) presentan un mismo diámetro.

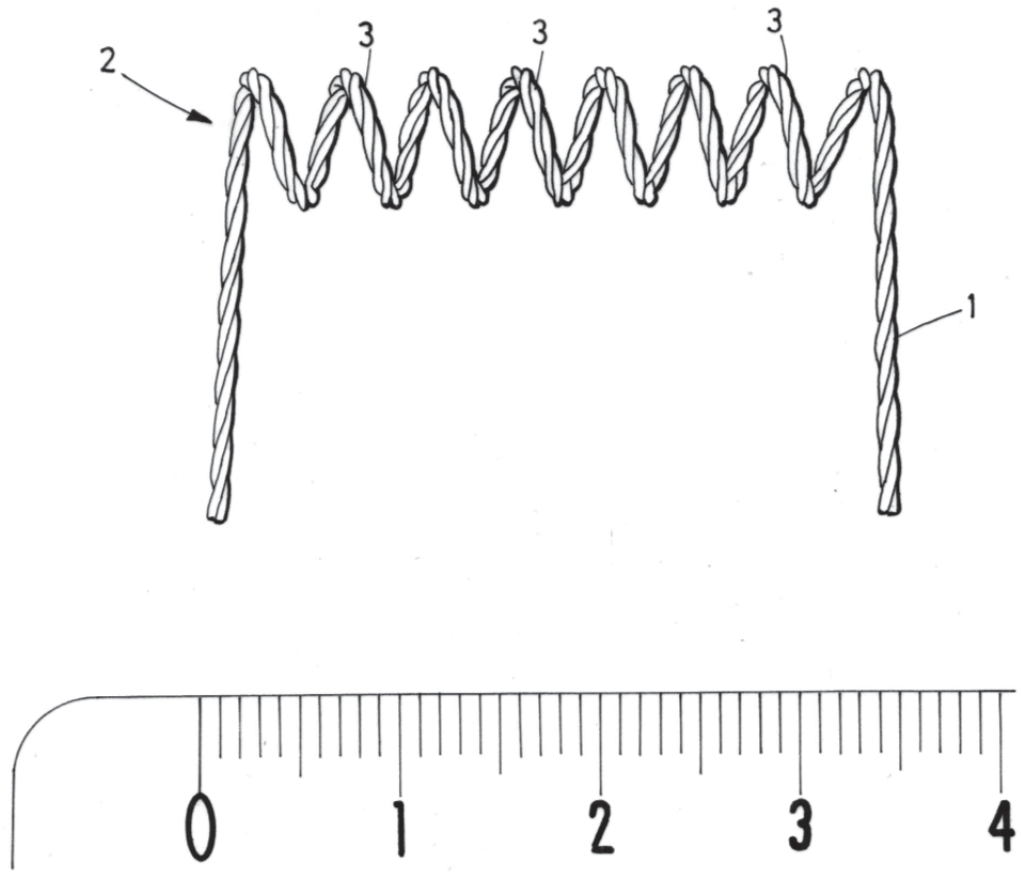


FIG.1
ESTADO DE LA TÉCNICA

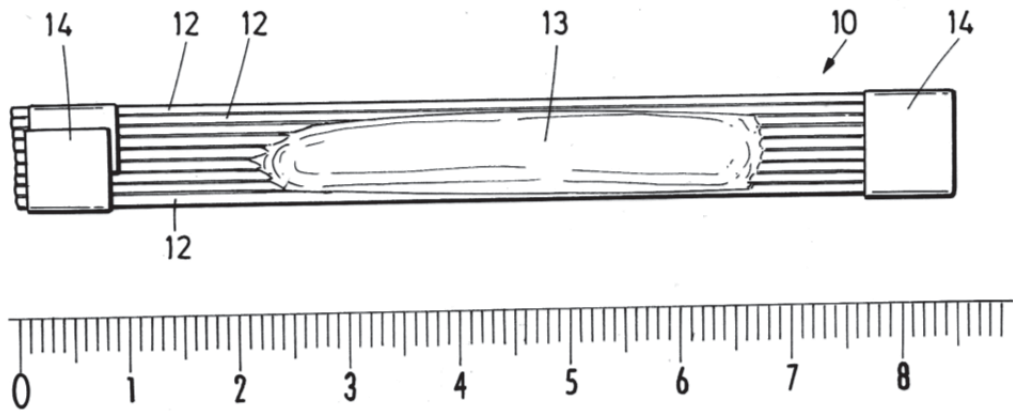


FIG. 2

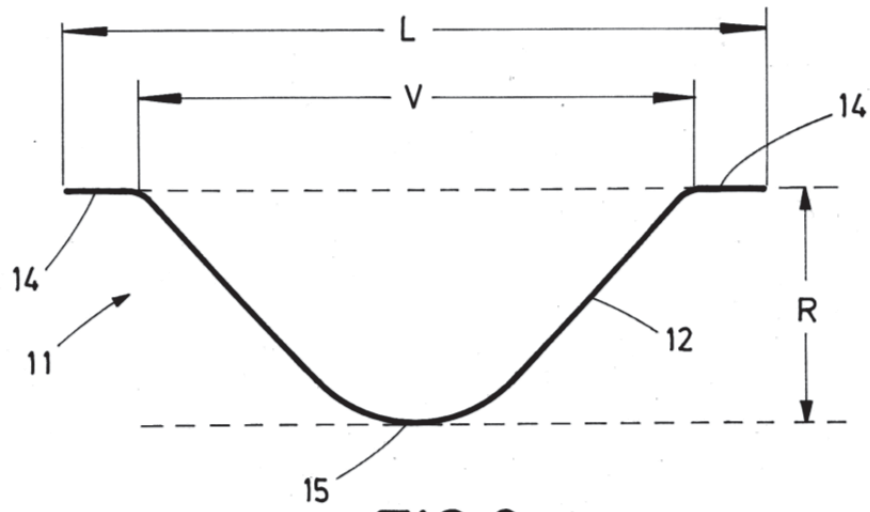


FIG. 3

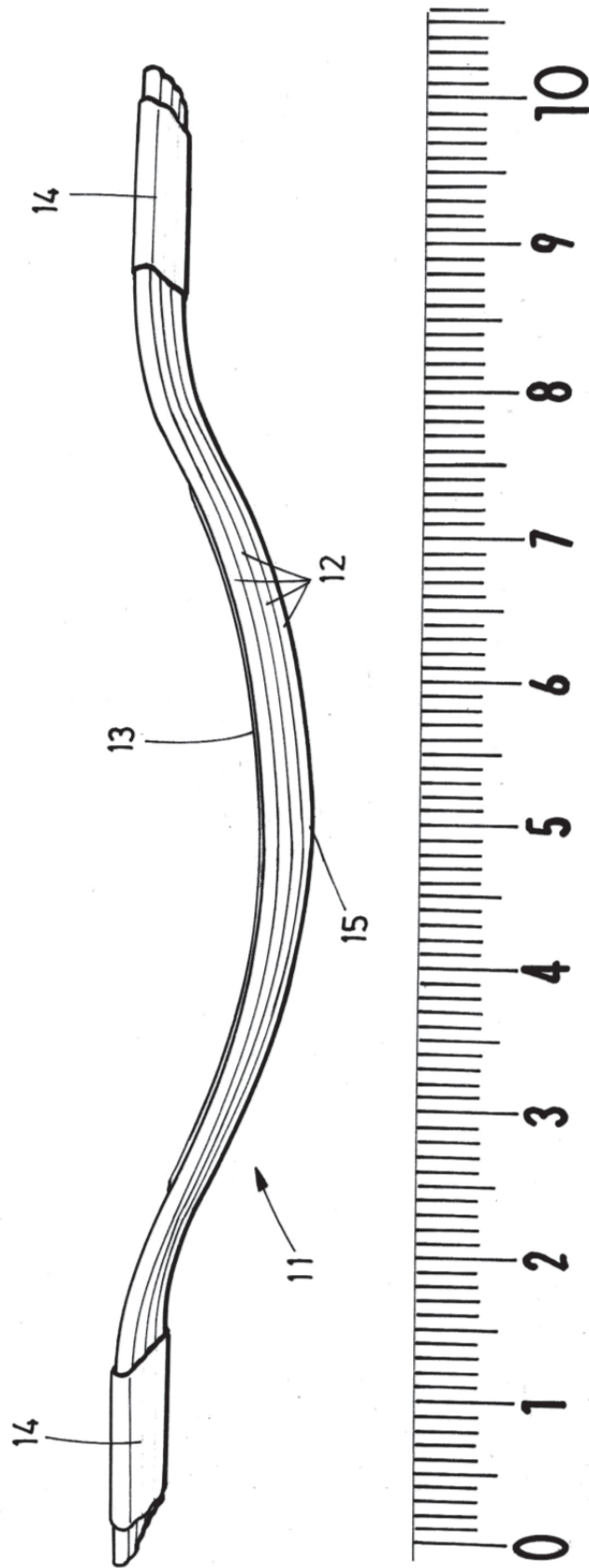


FIG.4