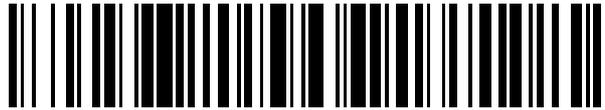


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 584 961**

21 Número de solicitud: 201530440

51 Int. Cl.:

**C23C 14/34** (2006.01)

**C23C 14/28** (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION

B1

22 Fecha de presentación:

**31.03.2015**

43 Fecha de publicación de la solicitud:

**30.09.2016**

Fecha de concesión:

**27.06.2017**

45 Fecha de publicación de la concesión:

**04.07.2017**

73 Titular/es:

**ADVANCED NANOTECHNOLOGIES, S.L. (100.0%)  
Doctor Nubiola y Espinós N° 6-8, Principal - 8  
08028 Barcelona (Barcelona) ES**

72 Inventor/es:

**BERTRÁN SERRA, Enric y  
AMADE ROVIRA, Roger**

74 Agente/Representante:

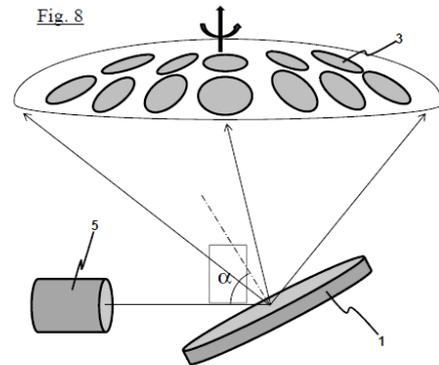
**VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro**

54 Título: **Elemento fungible para bombardeo con partículas y procedimiento de determinación de grabado de dicho elemento**

57 Resumen:

Elemento fungible para bombardeo con partículas y procedimiento de determinación de grabado de dicho elemento.

Elemento fungible (1) provisto de un blanco (2) para bombardeo con partículas destinado a realizar deposición física de capa delgada en fase vapor sobre un sustrato (3), comprendiendo el elemento fungible (1) una capa de base (4) sobre la que está depositado el blanco (2), estando el blanco destinado a ser pulverizado por el bombardeo con partículas, en el que el blanco está constituido por al menos una capa (21) en la que se define una pluralidad de zonas ( $x_{sub,i}$ ,  $y_{sub,i}$ ) con espesor promedio ( $e_{sub,i}(x_{sub,i}, y_{sub,i})$ ) variable entre las zonas ( $x_{sub,i}$ ,  $y_{sub,i}$ ), estando los espesores promedio ( $e_{sub,i}(x_{sub,i}, y_{sub,i})$ ) de cada zona ( $x_{sub,i}$ ,  $y_{sub,i}$ ) dimensionados para que, en unas condiciones de bombardeo determinadas, todas las zonas ( $x_{sub,i}$ ,  $y_{sub,i}$ ) tengan un tiempo de pulverización iónica idéntico ( $t_{sub,i}$ ). La invención también se refiere a un conjunto de dispositivo de bombardeo con partículas (5) y elemento fungible (1) y a un procedimiento para la obtención del fungible



ES 2 584 961 B1

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 37.3.8 LP 11/1986.

## DESCRIPCIÓN

**Elemento fungible para bombardeo con partículas y procedimiento de determinación de grabado de dicho elemento**

5

**Campo de la invención**

La presente invención se encuadra en el sector de los recubrimientos de capa delgada, en especial mediante bombardeo de partículas.

10

**Antecedentes de la invención**

Son conocidas las técnicas de deposición física de capa delgada en fase vapor sobre un sustrato, que consisten en bombardear con partículas un blanco (*target*), por ejemplo iones o fotones, de modo que este emita las partículas de recubrimiento (formadas por átomos aislados o por la asociación de unos pocos átomos) que van a parar al sustrato a recubrir.

15

Cuando se desea realizar recubrimientos el procedimiento consiste en disponer un sustrato frente al cañón de partículas, estimar un tiempo de bombardeo adecuado para obtener un determinado espesor de recubrimiento y bombardear durante un cierto tiempo. El espesor de recubrimiento resultante es fuertemente dependiente del tiempo de bombardeo, por lo que es esencial disponer de un control muy preciso del tiempo de bombardeo para obtener los resultados deseados.

20

En otras ocasiones, se desean realizar recubrimientos más complejos, por ejemplo con diferentes materiales de recubrimiento, o bien multi-capa. En estos casos, se deben ir retirando y colocando sucesivamente los diferentes blancos, e igualmente, controlar con precisión los tiempos de bombardeo, para obtener los recubrimientos deseados.

25

Estas tareas son habituales en laboratorio y se pueden realizar con resultados satisfactorios. Ahora bien, si lo que se desea es realizar recubrimientos a escala industrial, con la finalidad de comercializar a gran escala los productos recubiertos, este proceder resulta en unos costes prohibitivos, especialmente si se desea una calidad elevada.

30

En particular, la uniformidad de los resultados dependerá fuertemente de cada instalación y muy especialmente del operario que realice el control de la instalación de bombardeo.

35

Por ello, los inventores han llegado a la conclusión de que faltan soluciones que permitan reducir los costes de recubrimiento y que a la vez permitan garantizar una calidad óptima del recubrimiento, y muy especialmente que permitan reducir la dependencia de un buen recubrimiento de la precisión en el tiempo de bombardeo.

40

**Descripción de la invención**

Para ello, la presente invención propone un elemento fungible provisto de un blanco para bombardeo con partículas destinado a realizar deposición física de capa delgada en fase vapor sobre un sustrato, comprendiendo el elemento fungible una capa de base sobre la que está depositado el blanco, estando el blanco destinado a ser pulverizado por el bombardeo con partículas, caracterizado por el hecho de que el blanco está constituido por al menos una capa en la que se define una pluralidad de zonas  $(x_i, y_i)$  con espesor promedio  $(e_i(x_i, y_i))$  variable entre las zonas  $(x_i, y_i)$ , estando los espesores promedio  $(e_i(x_i, y_i))$  de cada zona  $(x_i, y_i)$  dimensionados para que, en unas condiciones de bombardeo determinadas, todas las zonas  $(x_i, y_i)$  tengan un tiempo de pulverización por el bombardeo con partículas idéntico  $(t_i)$ .

45

50

De este modo se consiguen superar los inconvenientes del estado de la técnica. En efecto, con el fungible se consigue que el espesor del recubrimiento sea dependiente de un elemento previamente preparado, en lugar de hacerlo totalmente dependiente de parámetros que debe ajustar un operario. Ello permite industrializar la etapa de recubrimiento para cualquier tipo de recubrimiento, ya sea mono o multi-capa, en cualquier procedimiento que emplee un blanco para bombardeo con partículas.

55

Deja de ser necesario realizar el control tanto del tiempo de bombardeo como la potencia del cañón (considerando que la huella del cañón no varía significativamente con la potencia) para obtener en el sustrato estructuras multi-capa con interfaces netas, es decir superficies de separación entre diferentes capas de recubrimiento. El elemento fungible se puede utilizar en el depósito de multi-capas para óptica interferencial, para dispositivos electrónicos, para metalizaciones de contactos eléctricos monocapa o multicapa, para estructuras de monocapa o multicapa ultradelgadas –hasta espesores monoatómicos–, depósito controlado de nano-islas o nano-estructuras sobre un sustrato, previamente a la coalescencia, entre otros.

60

65

Preferentemente, el blanco está constituido por una pluralidad de capas.

Preferentemente, el blanco está constituido por una pluralidad de capas.

Ventajosamente, las diferentes zonas  $(x_i, y_i)$  pueden ser del mismo material o de materiales distintos.

5

La invención también se refiere a un conjunto de dispositivo de bombardeo con partículas y elemento fungible provisto de un blanco para bombardeo (iónico, con partículas neutras o con fotones) por el dispositivo de bombardeo con partículas para realizar deposición física de capa delgada en fase vapor sobre un sustrato destinado a recibir el material de deposición dispuesto en el blanco, comprendiendo el elemento fungible una capa de base sobre la que está depositado el blanco, caracterizado por el hecho de que el blanco está constituido por al menos una capa en la que se define una pluralidad de zonas  $(x_i, y_i)$  con espesor promedio  $(e_i(x_i, y_i))$  variable entre las zonas  $(x_i, y_i)$ , estando los espesores promedio  $(e_i(x_i, y_i))$  de cada zona  $(x_i, y_i)$  dimensionados para que, cuando se bombardee con el dispositivo de bombardeo con partículas, todas las zonas  $(x_i, y_i)$  tengan un tiempo de pulverización iónica idéntico  $(t_i)$ , de modo que se puede controlar el espesor de la capa depositada sobre el sustrato a partir del dimensionado previo de los espesores  $(e_i(x_i, y_i))$  del material de deposición en el blanco.

10

15

Preferentemente, en el conjunto el blanco está constituido por una pluralidad de capas.

20

Ventajosamente, en el conjunto las diferentes zonas  $(x_i, y_i)$  pueden ser del mismo material o de materiales distintos.

Como variante, en el conjunto el bombardeo es un bombardeo iónico, por ejemplo, con cabezal de pulverización catódica o con cañón iónico o un bombardeo con partículas neutras con cañón de iones neutralizados o con cañón de plasma o con técnicas similares.

25

Como otra variante, en el conjunto, el que el bombardeo es un bombardeo fotónico para producir ablación, por ejemplo, con láser (LAD) o bombardeo fotónico mediante láser pulsado (PLD) o con técnicas similares.

30

Preferentemente, en el conjunto de la invención, el cabezal o cañón comprende medios de cambio de su orientación que permiten orientarlo hacia el blanco o hacia el sustrato, de modo que se pueda conmutar entre un modo de deposición asistida con cañón de iones o de plasma y un modo de compactación por bombardeo directo.

La invención también se refiere a un procedimiento de determinación del patrón de grabado por bombardeo de partículas de un blanco, para la obtención de la velocidad de grabado y espesor  $(e_i(x_i, y_i))$  en función de la posición  $(x, y)$  de un elemento fungible según cualquiera de las variantes del elemento fungible mencionadas, que comprende las etapas de:

35

- a) Realizar un depósito homogéneo de material de deposición sobre una capa de base para obtener un blanco de espesor homogéneo;
- b) Disponer sobre el blanco una máscara de resina, de modo que queden zonas del blanco cubiertas por la resina y zonas no cubiertas por la resina;
- c) Disponer el producto obtenido durante un tiempo determinado, en una posición determinada y frente a un dispositivo de bombardeo con partículas determinado para realizar un proceso de deposición física de capa delgada en fase vapor sobre un sustrato;
- d) Retirar la máscara de resina;
- e) Medir las diferencias locales de alturas entre puntos del blanco cubiertas por la resina y puntos no cubiertos por la resina;
- f) Obtener una función de velocidad de grabado  $v_i(x_i, y_i)$  del blanco para dichas condiciones determinadas;
- g) Emplear la función de velocidad de grabado  $v_i(x_i, y_i)$  para determinar el espesor  $(e_i(x_i, y_i))$  que debe tener el blanco en cada posición  $(x, y)$  para que la o las capas del elemento fungible se vayan consumiendo una tras otra.

40

45

50

Preferentemente, en el procedimiento de la invención, la máscara es una rejilla.

55

La fabricación de los blancos multicapa se puede hacer mediante impresoras de inyección de tintas o de tipo *printjet*. Estas impresoras permiten reproducir punto a punto la distribución del espesor  $e_i(x_i, y_i)$  determinado mediante el procedimiento de la invención. La resolución es aproximadamente de 20 nm, que es el espesor aproximado de las gotas de tinta una vez secas. Esta técnica también permite realizar mezclas de materiales diversos y la producción de multicapas con las distribuciones de espesor  $e_i(x_i, y_i)$  buscadas.

60

Una vez fabricados, estos blancos ya contienen toda la información necesaria para reproducir las estructuras multicapa sobre un sustrato, como por ejemplo lentes oftálmicas y lentes de contactodispositivos planos, filtros interferenciales, recubrimientos multicapa, capas ópticas con un gradiente, entre otros, y solamente es necesario proyectar el material, previamente depositado en el blanco, sobre el sustrato correspondiente mediante

65

bombardeo iónico, bombardeo con partículas iónicas, bombardeo con partículas neutras o bombardeo fotónico o con haz láser.

**Breve descripción de las figuras**

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

10 La figura 1 es un blanco visto en planta, con una propuesta de rejilla.

Las figuras 2 a 7 son diferentes estructuras de capas en elemento fungible.

15 La figura 8 es una instalación para bombardeo con partículas.

Las figuras 9a a 9d ilustran las diferentes etapas para la determinación de los espesores buscados en cada una de las zonas del blanco.

20 La figura 10a ilustra un blanco estratificado para la aplicación de un proceso óptico para determinar la estructura del blanco.

La figura 10b ilustra un dispositivo para la obtención de los espesores del blanco.

25 La figura 11a ilustra componentes para la fabricación del elemento fungible de la invención.

La figura 11b ilustra en sección una instalación para la fabricación del elemento fungible de la invención.

**Descripción de un modo de realización de la invención**

30 Tal como se aprecia en las figuras, la invención se refiere a un elemento fungible 1 provisto de un blanco 2 para bombardeo con partículas destinado a realizar deposición física de capa delgada en fase vapor sobre un sustrato 3, comprendiendo el elemento fungible 1 una capa de base 4 sobre la que está depositado el blanco 2, estando el blanco destinado a ser pulverizado por el bombardeo con partículas, caracterizado por el hecho de que el blanco está constituido por al menos una capa 21 en la que se define una pluralidad de zonas  $(x_i, y_j)$  con espesor promedio  $(e_i(x_i, y_j))$  variable entre las zonas  $(x_i, y_j)$ , estando los espesores promedio  $(e_i(x_i, y_j))$  de cada zona  $(x_i, y_j)$  dimensionados para que, en unas condiciones de bombardeo determinadas, todas las zonas  $(x_i, y_j)$  tengan un tiempo idéntico  $(t_i)$  de pulverización por bombardeo de partículas.

40 De forma muy simplificada, esto se ilustra en la figura 5. Aquí se aprecian dos zonas de diferente espesor  $e_1$  y  $e_2$ , que estarán sometidas a diferentes intensidades de bombardeo. El elemento se ha dibujado con forma convexa, aunque no necesariamente deba ser así, pues ello dependerá de la distribución de salida del cañón, y de la distribución de salida del blanco.

45 Otra distribución resultante podría ser la que se muestra en la figura 7. En algunos casos, en especial cuando se presenten simetrías en los diferentes componentes de la instalación y en la disposición relativa entre estas, la distribución de espesores sobre el blanco se podrá aproximar mediante una curva o superficie simple.

50 Tal como puede apreciarse en las figuras 3, 4 y 6, el blanco está constituido por una pluralidad de capas 21, 22. Las capas pueden ser homogéneas, como se ilustra en las figuras 2 y 3, o bien heterogéneas, tal como se ilustra en las figuras 4 y 5.

55 La invención, tal como se ilustra en la figura 8, también se refiere a un conjunto de dispositivo de bombardeo con partículas 5 y elemento fungible 1 provisto de un blanco 2 para bombardeo (iónico, partículas neutras o fotones) por el dispositivo de bombardeo con partículas 5 para realizar deposición física de capa delgada en fase vapor sobre un sustrato 3 destinado a recibir el material de deposición dispuesto en el blanco 2, comprendiendo el elemento fungible 1 una capa de base 4 sobre la que está depositado el blanco 2, caracterizado por el hecho de que el blanco 2 está constituido por al menos una capa 21 en la que se define una pluralidad de zonas  $(x_i, y_j)$  con espesor promedio  $(e_i(x_i, y_j))$  variable entre las zonas  $(x_i, y_j)$ , estando los espesores promedio  $(e_i(x_i, y_j))$  de cada zona  $(x_i, y_j)$  dimensionados para que, cuando se bombardee con el dispositivo de bombardeo con partículas 5, todas las zonas  $(x_i, y_j)$  tengan un tiempo de pulverización iónica idéntico  $(t_i)$ , de modo que se puede controlar el espesor de la capa depositada sobre el sustrato 3 a partir del dimensionado previo de los espesores  $(e_i(x_i, y_j))$  del material de deposición en el blanco 2.

65 El bombardeo puede ser un bombardeo iónico con cabezal de pulverización catódica o con cañón iónico de plasma o un bombardeo con partículas neutras con cañón de iones neutralizados o con cañón de plasma.

También puede ser un bombardeo fotónico para producir ablación con láser (LAD) o bombardeo fotónico mediante láser pulsado (PLD).

5 Como opción ventajosa, el cabezal o cañón 5 comprende medios de cambio de su orientación que permiten orientarlo hacia el blanco o hacia el sustrato, de modo que se pueda conmutar entre un modo de deposición asistida con cañón de iones o de plasma y un modo de compactación por bombardeo directo.

10 La invención también se refiere a un procedimiento de determinación del patrón de grabado por bombardeo de partículas de un blanco 2, para la obtención de la velocidad de grabado y espesor ( $e_i(x_i, y_i)$ ) en función de la posición ( $x, y$ ) de un elemento fungible 1 según cualquiera de las variantes ilustradas en las figuras 2 a 7, que comprende las etapas de:

- 15 a) Realizar una deposición homogénea de material de deposición sobre una capa de base 4 para obtener un blanco 2 de espesor homogéneo conocido  $e_0$ , tal como el que se ilustra en la figura 9a;
- b) Disponer sobre el blanco 2 una máscara 6 de resina, como la que se ilustra a modo de rejilla en la figura 1, de modo que queden zonas del blanco 2 cubiertas por la resina y zonas no cubiertas por la resina 7, tal como se muestra en la figura 9b;
- 20 c) Disponer el producto obtenido durante un tiempo determinado, en una posición determinada 1 y frente a un dispositivo de bombardeo con partículas 5 determinado para realizar un proceso de deposición física de capa delgada en fase vapor sobre un sustrato 3, tal como se ilustra en la figura 8, de modo que se obtiene un blanco como el que se ilustra en la figura 9c;
- d) Retirar la máscara 6 de resina, por ejemplo mediante disolución, para obtener el producto ilustrado en la figura 9d;
- 25 e) Medir las diferencias locales de alturas entre puntos del blanco 2 cubiertas por la resina y puntos no cubiertos por la resina 7, lo cual es posible con el blanco obtenido de la figura 9d;
- f) Obtener una función de velocidad de grabado  $v_i(x_i, y_i)$  del blanco 2 para dichas condiciones determinadas;
- 30 g) Emplear la función de velocidad de grabado  $v_i(x_i, y_i)$  para determinar el espesor ( $e_i(x_i, y_i)$ ) que debe tener el blanco en cada posición ( $x, y$ ) para que la o las capas del elemento fungible se vayan consumiendo una tras otra.

Un proceso óptico con resultados similares se puede también realizar mediante las siguientes etapas:

- 35 a) Realizar una deposición preferentemente homogénea de un material de deposición semitransparente (metal muy delgado del orden de unas decenas de nanómetros, o bien un material semitransparente con espectro de transmitancia óptica no nulo, tal como un material semiconductor, o un dieléctrico semitransparente) caracterizado por una absorción óptica,  $\alpha(\lambda)$  (siendo  $\lambda$  la longitud de onda), sobre una capa transparente de base 43 para obtener un blanco 23 de espesor homogéneo, caracterizado por una absorción óptica,  $\alpha(\lambda)$ , tal como el que se ilustra en la figura 10a;
- 40 b) Disponer la capa transparente de base 43 con el blanco 23 de espesor homogéneo, caracterizado por una absorción óptica,  $\alpha(\lambda)$ , en un dispositivo de iluminación de incidencia normal, con una lámpara 53, por ejemplo de luz blanca o de luz monocromática de intensidad  $I_0$ , tal como el que se ilustra en la figura 10b.
- 45 c) Obtener una imagen fotográfica mediante el dispositivo fotográfico 63, de la parte posterior del sistema formado por la base transparente 43 y el blanco 23 de espesor homogéneo y absorción óptica,  $\alpha(\lambda)$ , tal como el que se ilustra en la figura 10b, cuando es atravesado por el haz de luz incidente de intensidad  $I_0$ , el cual es absorbido parcialmente de acuerdo a la ley de d'Alambert:

$$I(x, y) = I_0 \cdot \exp[-\alpha \cdot e(x, y)]$$

50 donde,  $I(x, y)$ , es la intensidad de la luz transmitida por el sistema formado por la base transparente 43 y el blanco 23 de espesor homogéneo y absorción óptica,  $\alpha(\lambda)$ . Las variables ( $x, y$ ) son las coordenadas del blanco 23, y  $e(x, y)$  el espesor en cada posición del blanco 23 después de la pulverización por bombardeo con partículas.

- 55 d) Disponer el producto obtenido en a) durante un tiempo determinado, en una posición determinada 1 y frente a un dispositivo de bombardeo con partículas 5 determinado para realizar un proceso de deposición física de capa delgada en fase vapor sobre un sustrato 3, tal como se ilustra en la figura 8, de modo que se obtiene un blanco como el que se ilustra en la figura 9c;
- e) Determinar la relación  $IF(x, y)/IF_0(x, y)$  punto a punto de la intensidad obtenida en cada *pixel* de las imágenes fotográficas del blanco 23, antes,  $IF_0(x, y)$ , y después,  $IF(x, y)$ , de la pulverización por bombardeo con partículas, mediante, por ejemplo las técnicas comunes de tratamiento de imágenes o las de cálculo de matrices con los píxeles como elementos de matriz.
- 60 f) Asumiendo la linealidad de las intensidades recogidas en las imágenes fotográficas respecto a la intensidad del haz de luz:

$$IF(x, y) = k \cdot I(x, y)$$

donde  $k$  es una constante, se puede determinar el espesor del blanco 24 después de ser pulverizado por el bombardeo de partículas, tal como se muestra en la figura 10c, en función de la posición  $(x, y)$  mediante la expresión:

$$e(x, y) = \frac{1}{\alpha} \ln \frac{IF_0(x, y)}{IF(x, y)}$$

- g) Obtener una función de velocidad de grabado  $v(x, y)$  del blanco 24 para dichas condiciones determinadas;
- h) Emplear la función de velocidad de grabado  $v(x, y)$  para determinar el espesor  $e(x, y)$  que debe tener el blanco en cada posición  $(x, y)$  para que la o las capas del elemento fungible se vayan consumiendo una tras otra.
- i) Utilizar software de tratamiento de imágenes para, mediante los filtros adecuados y la función del espesor  $e(x, y)$  obtenida, generar dominios  $D_i$ , de espesor constante,  $e_i(x_i, y_i)$  y dimensiones arbitrarias, que cubran la superficie del blanco 24.

Estos procesos se pueden realizar de manera sistemática, es decir que se pueden convertir fácilmente en un protocolo, o incluso automatizar.

La invención también se refiere a un procedimiento de fabricación del elemento fungible 1, como el ilustrado en la figura 8, después de la determinación de la velocidad de grabado  $v_i(x_i, y_i)$ , mediante técnicas de deposición física en fase vapor (PVD) o depósito químico en fase vapor (CVD), que se aplicarán para obtener estructuras mono o multicapa sobre una capa de base 45, tal como se ilustra en la figura 11a, que comprende las etapas de:

- a) Realizar una deposición PVD o CVD a través de una máscara 75 de material rígido, preferiblemente metálica, con una abertura del tamaño de un dominio  $D_i$ , adosada sobre una capa de base 45, de posición  $(x, y)$  ajustable, para obtener un blanco 25 monocapa o multicapa con dominios de espesores  $e_i(x_i, y_i)$ , tal como se ilustra en la figura 11b;
- b) Realizar el depósito del material para obtener el blanco 25 monocapa o multicapa mediante un único proceso o un proceso repetitivo PVD o CVD, a través de una máscara 75 adosada a la capa base 45, de forma secuencial desplazando la base 45 sobre cada dominio  $D_i$ , como se ilustra en la figura 11b, y manteniendo el proceso de deposición sobre cada dominio  $D_i$ , durante un tiempo  $\tau_{ij}(x_i, y_i)$ , determinado por la expresión:

$$\tau_{ij}(x_i, y_i) = P_{ij} M_{ij} L_{ij} \frac{e_i(x_i, y_i)}{v_i(x_i, y_i)}$$

donde  $P_{ij}$ ,  $M_{ij}$  y  $L_{ij}$  son constantes determinadas respectivamente por el tipo de material depositado en cada capa del sistema multicapa del blanco 25, por las condiciones del proceso de deposición PVD o CVD de cada capa del sistema multicapa del blanco 25 y por los espesores final de cada capa de material que se quiere obtener sobre los sustratos situados encima de la calota de la figura 8 y el espesor inicial obtenido sobre los sustratos situados encima de la calota de la figura 8 en el procedimiento de determinación del patrón de grabado por bombardeo de partículas. Los subíndices  $i$  y  $j$  indican respectivamente el dominio y el número de la capa del sistema multicapa a obtener para la fabricación del blanco 25.

- c) Para calcular las constantes  $P_{ij}$ ,  $M_{ij}$  y  $L_{ij}$  se requiere realizar un proceso de calibración de las velocidades de deposición del proceso PVD o CVD para cada material a utilizar.

La invención no está limitada a las realizaciones concretas que se han descrito sino abarca también, por ejemplo, las variantes que pueden ser realizadas por el experto medio en la materia, dentro de lo que se desprende de las reivindicaciones.

## REIVINDICACIONES

- 5 1.- Elemento fungible (1) provisto de un blanco (2) para bombardeo con partículas destinado a realizar deposición física de capa delgada en fase vapor sobre un sustrato (3), comprendiendo el elemento fungible (1) una capa de base (4) sobre la que está depositado el blanco (2), estando el blanco destinado a ser pulverizado por el bombardeo con partículas, **caracterizado por el hecho de que** el blanco está constituido por al menos una capa (21) en la que se define una pluralidad de zonas  $(x_i, y_i)$  con espesor promedio  $(e_i(x_i, y_i))$  variable entre las zonas  $(x_i, y_i)$ , estando los espesores promedio  $(e_i(x_i, y_i))$  de cada zona  $(x_i, y_i)$  dimensionados para que, en  
10 unas condiciones de bombardeo determinadas, todas las zonas  $(x_i, y_i)$  tengan un tiempo de pulverización iónica idéntico  $(t_i)$ .
- 15 2.- Elemento según la reivindicación 1, en el que el blanco está constituido por una pluralidad de capas (21, 22).
- 3.- Elemento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en las diferentes zonas  $(x_i, y_i)$  pueden ser del mismo material o de materiales distintos.
- 20 4.- Conjunto de dispositivo de bombardeo con partículas (5) y elemento fungible (1) provisto de un blanco (2) para bombardeo por el dispositivo de bombardeo con partículas (5) para realizar deposición física de capa delgada en fase vapor sobre un sustrato (3) destinado a recibir el material de deposición dispuesto en el blanco (2), comprendiendo el elemento fungible (1) una capa de base (4) sobre la que está depositado el blanco (2), **caracterizado por el hecho de que** el blanco (2) está constituido por al menos una capa (21) en la que se define una pluralidad de zonas  $(x_i, y_i)$  con espesor promedio  $(e_i(x_i, y_i))$  variable entre las zonas  $(x_i, y_i)$ , estando los espesores promedio  $(e_i(x_i, y_i))$  de cada zona  $(x_i, y_i)$  dimensionados para que, cuando se bombardee con el  
25 dispositivo de bombardeo con partículas (5), todas las zonas  $(x_i, y_i)$  tengan un tiempo de pulverización iónica idéntico  $(t_i)$ , de modo que se puede controlar el espesor de la capa depositada sobre el sustrato (3) a partir del dimensionado previo de los espesores  $(e_i(x_i, y_i))$  del material de deposición en el blanco (2).
- 30 5.- Conjunto según la reivindicación 3, en el que el blanco está constituido por una pluralidad de capas (21, 22).
- 6.- Conjunto según cualquiera de las reivindicaciones 4 ó 5, en las diferentes zonas  $(x_i, y_i)$  pueden ser del mismo material o de materiales distintos.
- 35 7.- Conjunto según cualquiera de las reivindicaciones 4 a 6, en el que el bombardeo es un bombardeo iónico con cabezal de pulverización catódica o con cañón iónico de plasma o un bombardeo con partículas neutras con cañón de iones neutralizados o con cañón de plasma.
- 40 8.- Conjunto según cualquiera de las reivindicaciones 4 a 6, en el que el bombardeo es un bombardeo fotónico para producir ablación con láser (LAD) o bombardeo fotónico mediante láser pulsado (PLD).
- 45 9.- Conjunto según la reivindicación 7, en el que el cabezal o cañón comprende medios de cambio de su orientación que permiten orientarlo hacia el blanco o hacia el sustrato, de modo que se pueda conmutar entre un modo de deposición asistida con cañón de iones o de plasma y un modo de compactación por bombardeo directo.
- 50 10.- Procedimiento de determinación del patrón de grabado por bombardeo de partículas de un blanco (2), para la obtención de la velocidad de grabado y espesor  $(e_i(x_i, y_i))$  en función de la posición  $(x, y)$  de un elemento fungible (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, que comprende las etapas de:
- 55 a) Realizar un depósito homogéneo de material de deposición sobre una capa de base (4) para obtener un blanco (2) de espesor homogéneo;
- b) Disponer sobre el blanco (2) una máscara (6) de resina, de modo que queden zonas del blanco (2) cubiertas por la resina y zonas no cubiertas por la resina (7);
- 60 c) Disponer el producto obtenido durante un tiempo determinado, en una posición determinada y frente a un dispositivo de bombardeo con partículas (5) determinado para realizar un proceso de deposición física de capa delgada en fase vapor sobre un sustrato (3);
- d) Retirar la máscara (6) de resina;
- e) Medir las diferencias locales de alturas entre puntos del blanco (2) cubiertas por la resina y puntos no cubiertos por la resina (7);
- f) Obtener una función de velocidad de grabado  $v_i(x_i, y_i)$  del blanco (2) para dichas condiciones determinadas;
- g) Emplear la función de velocidad de grabado  $v_i(x_i, y_i)$  para determinar el espesor  $(e_i(x_i, y_i))$  que debe tener el blanco en cada posición  $(x, y)$  para que la o las capas del elemento fungible se vayan consumiendo una tras otra.

11.- Procedimiento según la reivindicación 10, en el que la máscara (7) es una rejilla.

12.- Procedimiento de determinación del patrón de grabado por bombardeo de partículas de un blanco (2), para la obtención de la velocidad de grabado y espesor ( $e_i(x_i, y_i)$ ) en función de la posición ( $x, y$ ) de un elemento fungible (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, que comprende las etapas de:

- a) Realizar una deposición, caracterizado por una absorción óptica,  $\alpha(\lambda)$ , siendo  $\lambda$  la longitud de onda, sobre una capa transparente de base (43) para obtener un blanco (23) de espesor homogéneo, caracterizado por una absorción óptica,  $\alpha(\lambda)$ ;
- b) Disponer la capa transparente de base (43) con el blanco (23) de espesor homogéneo, caracterizado por una absorción óptica,  $\alpha(\lambda)$ , en un dispositivo de iluminación de incidencia normal de intensidad  $I_0$ , con una lámpara (53);
- c) Obtener una imagen fotográfica mediante un dispositivo fotográfico (63), de la parte posterior del sistema formado por la base transparente (43) y el blanco (23) de espesor homogéneo y absorción óptica,  $\alpha(\lambda)$ , cuando es atravesado por el haz de luz incidente de intensidad  $I_0$ , el cual es absorbido parcialmente de acuerdo a la ley de d'Alambert:

$$I(x, y) = I_0 \cdot \exp[-\alpha \cdot e(x, y)]$$

donde,  $I(x, y)$ , es la intensidad de la luz transmitida por el sistema formado por la base transparente (43) y el blanco (23) de espesor homogéneo y absorción óptica,  $\alpha(\lambda)$ , siendo las variables ( $x, y$ ) las coordenadas del blanco (23), y  $e(x, y)$  el espesor en cada posición del blanco (23) después de la pulverización por bombardeo con partículas;

- d) Disponer el producto obtenido en a) durante un tiempo determinado, en una posición determinada y frente a un dispositivo de bombardeo con partículas (5) determinado para realizar un proceso de deposición física de capa delgada en fase vapor sobre un sustrato (3);
- e) Determinar la relación  $IF(x, y)/IF_0(x, y)$  punto a punto de la intensidad obtenida en cada *pixel* de las imágenes fotográficas del blanco (2), antes,  $IF_0(x, y)$ , y después,  $IF(x, y)$ , de la pulverización por bombardeo con partículas.
- f) Asumir la linealidad de las intensidades recogidas en las imágenes fotográficas respecto a la intensidad del haz de luz:

$$IF(x, y) = k \cdot I(x, y)$$

donde  $k$  es una constante, para determinar el espesor del blanco (24) después de ser pulverizado por el bombardeo de partículas, en función de la posición ( $x, y$ ) mediante la expresión:

$$e(x, y) = \frac{1}{\alpha} \ln \frac{IF_0(x, y)}{IF(x, y)}$$

- g) Obtener una función de velocidad de grabado  $v(x, y)$  del blanco (24) para dichas condiciones determinadas;
- h) Emplear la función de velocidad de grabado  $v(x, y)$  para determinar el espesor  $e(x, y)$  que debe tener el blanco en cada posición ( $x, y$ ) para que la o las capas del elemento fungible se vayan consumiendo una tras otra.
- i) Utilizar software de tratamiento de imágenes para, mediante los filtros adecuados y la función del espesor  $e(x, y)$  obtenida y generar dominios  $D_i$  de espesor constante,  $e_i(x_i, y_i)$  y dimensiones arbitrarias, que cubran la superficie del blanco 24.

13.- Procedimiento según la reivindicación 12, en el que la deposición de la etapa a) es homogénea y de un material de deposición semitransparente.

14.- Procedimiento según la reivindicación 13, en el que la deposición es un metal muy delgado del orden de unas decenas de nanómetros, o bien un material semitransparente con espectro de transmitancia óptica no nulo, tal como un material semiconductor, o un dieléctrico semitransparente.

15.- Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 12 a 14, en el que la etapa b) se realiza con luz blanca o luz monocromática de intensidad  $I_0$ .

16.- Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 15, en el que la etapa e) se realiza mediante las técnicas comunes de tratamiento de imágenes o las de cálculo de matrices con los píxeles como elementos de matriz.

17.- Procedimiento de fabricación del elemento fungible (1), después de la determinación de la velocidad de grabado  $v_i(x_i, y_i)$ , mediante técnicas de deposición física en fase vapor (PVD) o depósito químico en fase vapor (CVD), para obtener estructuras mono o multicapa sobre una capa de base (45), que comprende las etapas de:

- a) Realizar una deposición PVD o CVD a través de una máscara (75), con una abertura del tamaño de un

dominio  $D_i$ , adosada sobre una capa de base (45), de posición  $(x, y)$  ajustable, para obtener un blanco (25) monocapa o multicapa con dominios de espesores  $e_i(x_i, y_i)$ ;

- b) Realizar el depósito del material para obtener el blanco (25) monocapa o multicapa mediante un proceso PVD o CVD, a través de una máscara (75) adosada a la capa base (45), de forma secuencial desplazando la base (45) sobre cada dominio  $D_i$ , y manteniendo el proceso de deposición sobre cada dominio  $D_i$ , durante un tiempo  $\tau_{ij}(x_i, y_i)$ , determinado por la expresión:

$$\tau_{ij}(x_i, y_i) = P_{ij} M_{ij} L_{ij} \frac{e_i(x_i, y_i)}{v_i(x_i, y_i)}$$

donde  $P_{ij}$ ,  $M_{ij}$  y  $L_{ij}$  son constantes determinadas respectivamente por el tipo de material depositado en cada capa del sistema multicapa del blanco (25), por las condiciones del proceso de deposición PVD o CVD de cada capa del sistema multicapa del blanco (25) y por los espesores finales de cada capa de material que se quiere obtener y el espesor inicial obtenido en el procedimiento de determinación del patrón de grabado por bombardeo de partículas, donde los subíndices  $i$  y  $j$  indican respectivamente el dominio y el número de la capa del sistema multicapa a obtener para la fabricación del blanco (25).

**18.-** Procedimiento según la reivindicación 17, en el que la máscara (75) es de material rígido, preferiblemente metálica.

**19.-** Procedimiento según la reivindicación 17 o la 18, en el que en la etapa b) se realiza un único proceso o un proceso repetitivo.

**20.-** Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 17 a 19, en el que para calcular las constantes  $P_{ij}$ ,  $M_{ij}$  y  $L_{ij}$  se realiza un proceso de calibración de las velocidades de deposición del proceso PVD o CVD para cada material a utilizar.

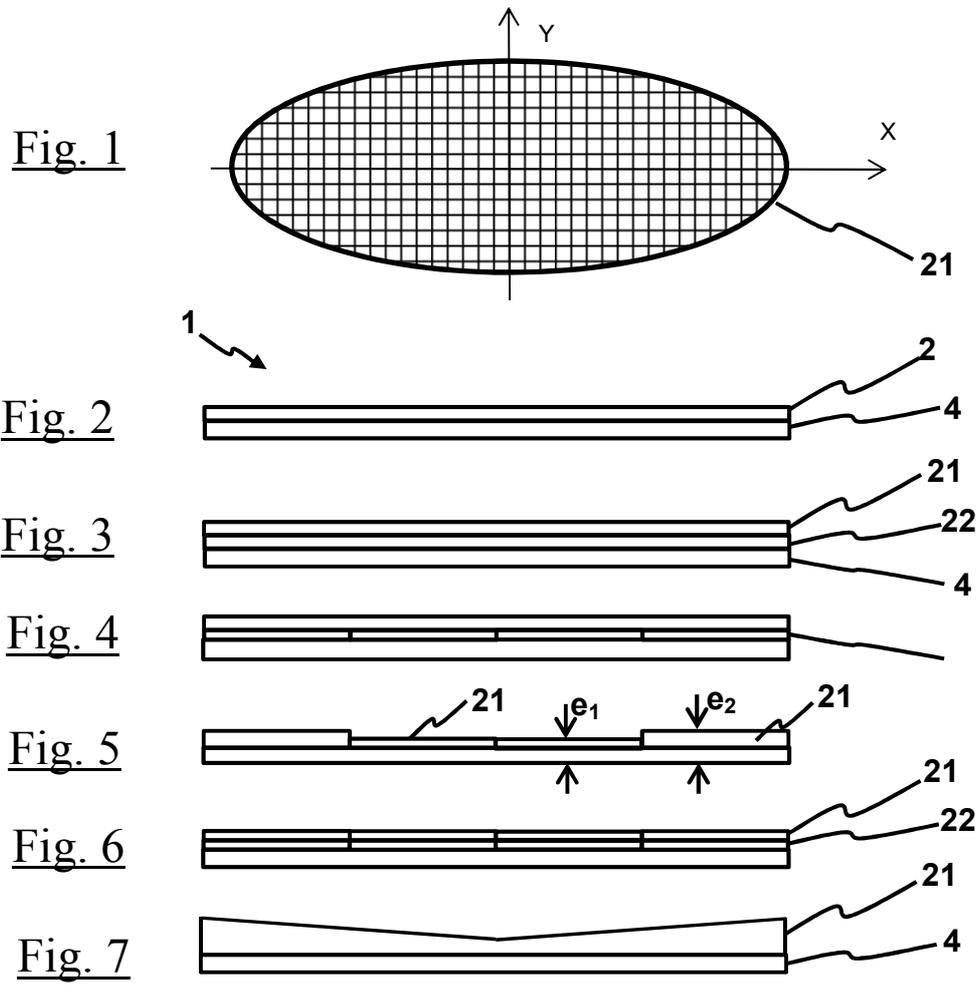


Fig. 8

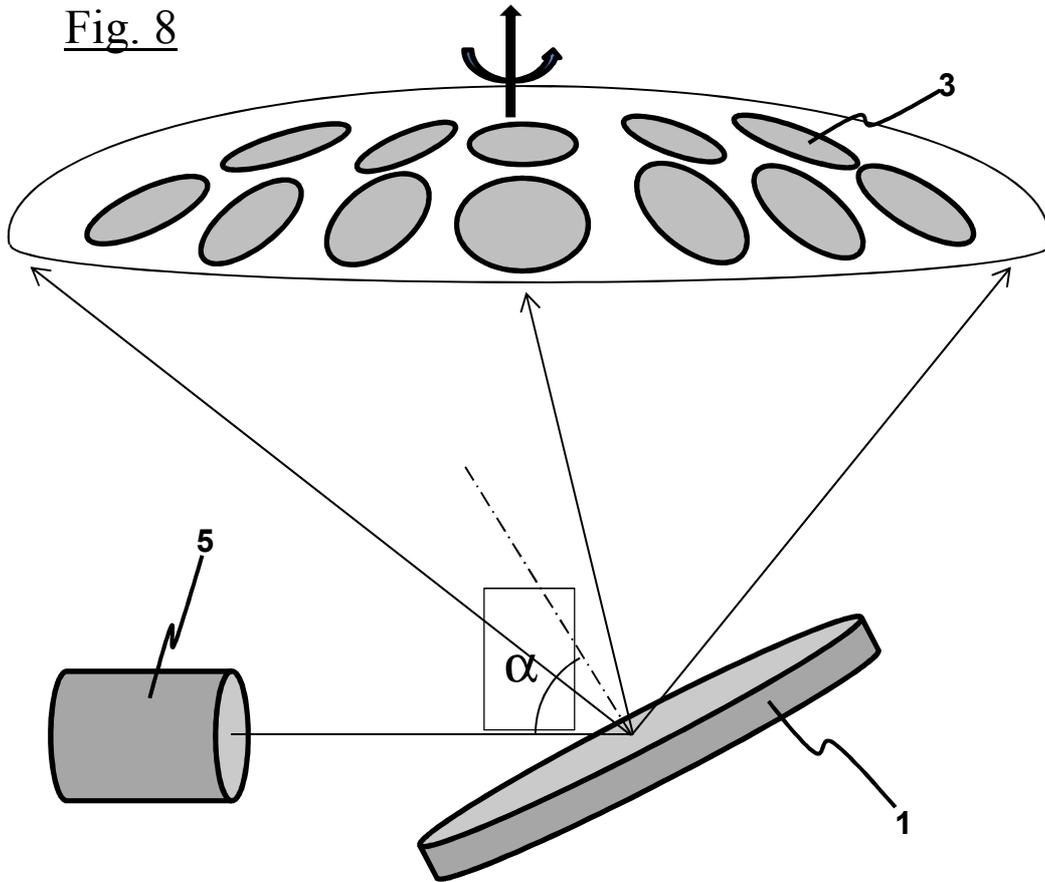


Fig. 9a

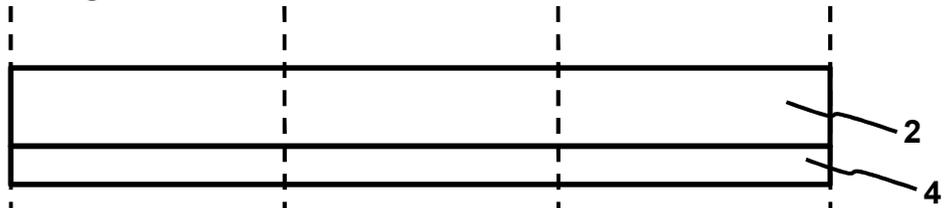


Fig. 9b

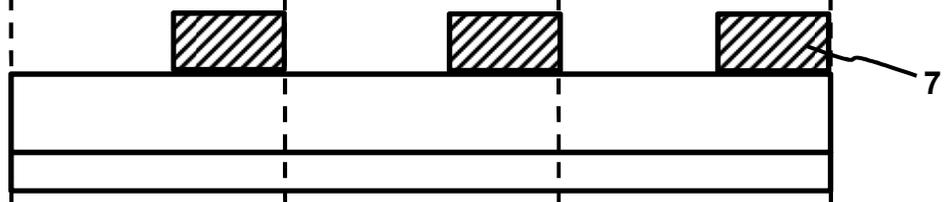


Fig. 9c

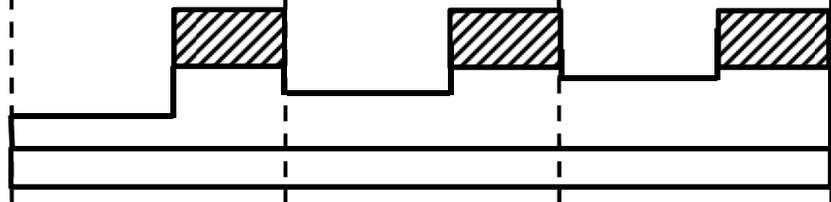


Fig. 9d

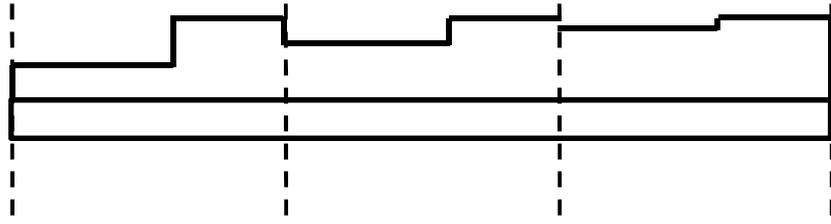


Fig. 10a

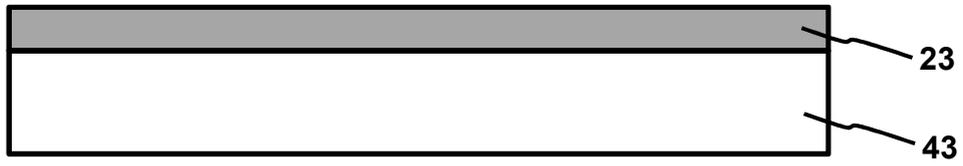


Fig. 10b

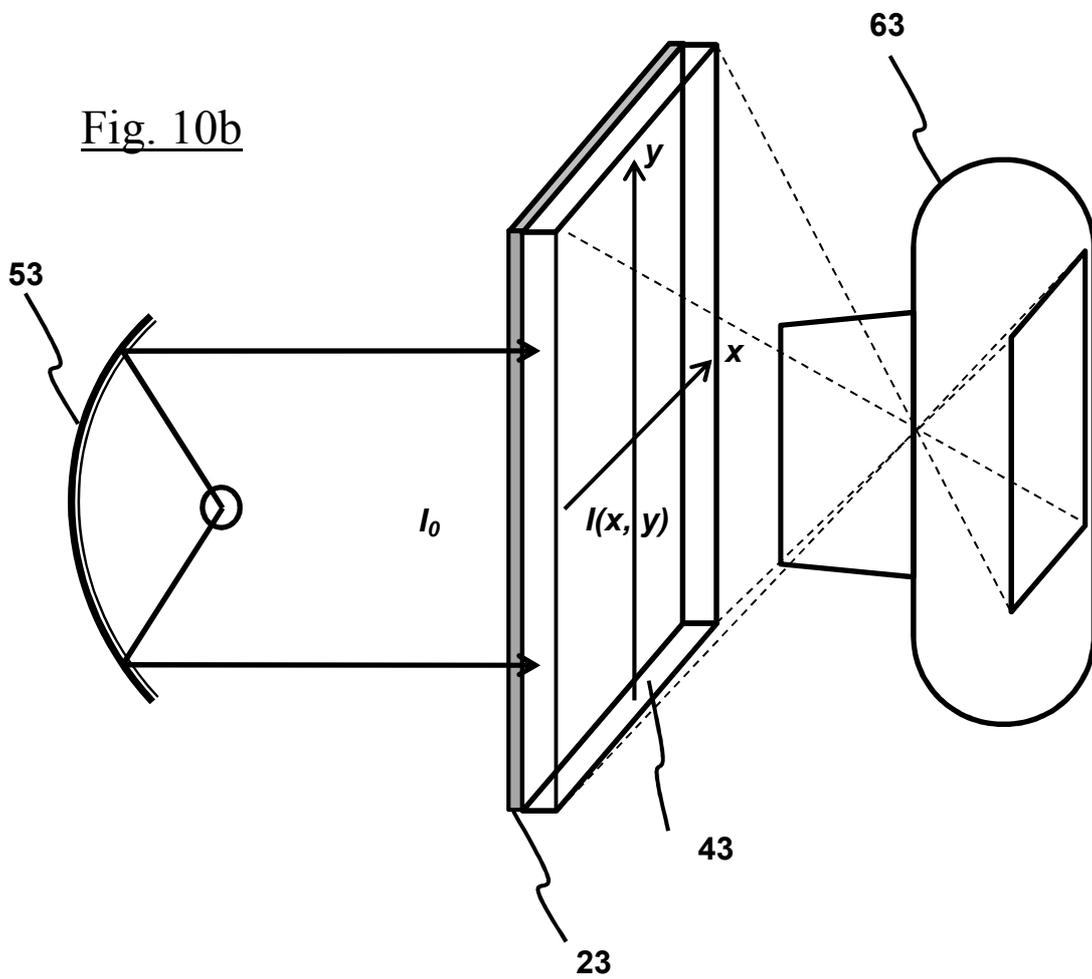


Fig. 10c

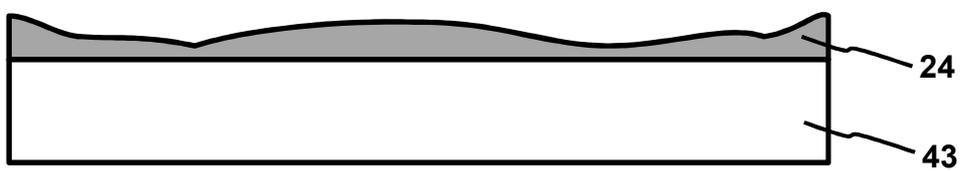


Fig. 11a

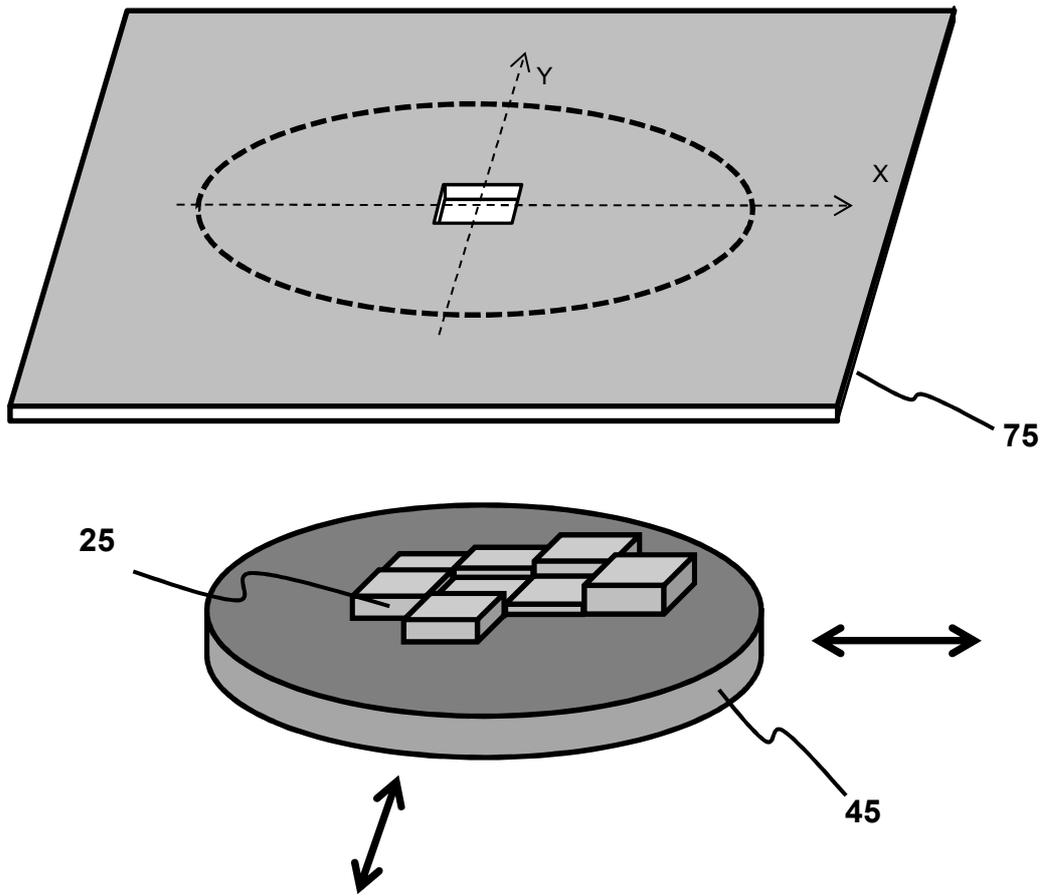
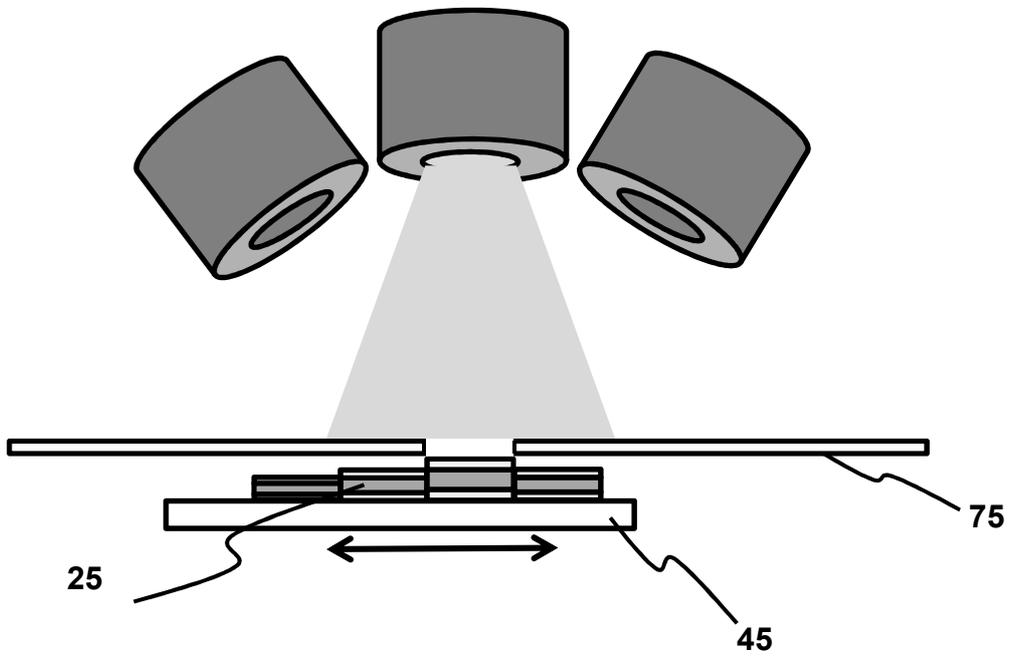


Fig. 11b





OFICINA ESPAÑOLA  
DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

②① N.º solicitud: 201530440

②② Fecha de presentación de la solicitud: 31.03.2015

③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤① Int. Cl.: **C23C14/34** (2006.01)  
**C23C14/28** (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	US 2003165639 A1 (PARK JAE YEOL) 04.09.2003, párrafos [0022-0044]; figuras 4-5.	1-9
X	US 2004050689 A1 (VOSER STEPHAN et al.) 18.03.2004, resumen; párrafos [0025-0032]; figuras 3-5.	1-9
X	WO 2014107558 A1 (TOSOH SMD INC) 10.07.2014, párrafos [0008-0039]; figura 1.	1-9
A	WO 2010085685 A2 (NOVELLUS SYSTEMS INC et al.) 29.07.2010	1-20
A	WO 2009086038 A1 (INFINITE POWER SOLUTIONS INC et al.) 09.07.2009	1-20

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

**El presente informe ha sido realizado**

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

**Fecha de realización del informe**  
19.01.2016

**Examinador**  
M. d. García Poza

**Página**  
1/4

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

C23C

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC, WPI, TXT, XPESP

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 19.01.2016

**Declaración**

<b>Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)</b>	Reivindicaciones 2,5,8,10-20	<b>SI</b>
	Reivindicaciones 1,3,4,6,7,9	<b>NO</b>
<b>Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)</b>	Reivindicaciones 10-20	<b>SI</b>
	Reivindicaciones 1-9	<b>NO</b>

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

**Base de la Opinión.-**

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

**1. Documentos considerados.-**

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	US 2003165639 A1 (PARK JAE YEOL)	04.09.2003
D02	US 2004050689 A1 (VOSER STEPHAN et al.)	18.03.2004
D03	WO 2014107558 A1 (TOSOH SMD INC)	10.07.2014

**2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración**

El objeto de la invención es un elemento fungible provisto de un blanco para bombardeo con partículas, el conjunto de dispositivo y elemento fungible y el procedimiento de determinación del patrón de grabado por bombardeo de partículas de un blanco.

- Novedad (Art. 6.1 LP):

El documento D01 divulga un elemento fungible provisto de un blanco para bombardeo con partículas destinado a realizar deposición física de capa delgada en fase vapor sobre un sustrato, que comprende una capa base sobre la que está depositado el blanco, donde el blanco está constituido por una capa en la que se define una pluralidad de zonas con espesor promedio variable entre las zonas (párrafo [0022], Fig.4). El efecto técnico de definir las zonas con un espesor variable es que el tiempo de pulverización iónica sea idéntico (Fig.5).

Por lo tanto, a la vista de la información divulgada en D01 se considera que el objeto de la invención recogido en la reivindicación 1 carece de novedad y de actividad inventiva (Arts. 6.1 y 8.1 LP).

Las características técnicas adicionales recogidas en las reivindicaciones dependientes 3, 4, 6, 7 y 9, también se encuentran divulgadas en dicho documento (párrafos [0022]-[0044]). Por lo tanto, se considera que dichas reivindicaciones también carecen de novedad y de actividad inventiva (Arts. 6.1 y 8.1 LP).

Las reivindicaciones 1, 3, 4, 6 y 7 también carecen de novedad y de actividad inventiva a la vista de la información divulgada en los documentos D02 (resumen; párrafos [0025 - 0032]; figuras 3 y 5) y D03 (párrafos [0008 - 0039]; figura 1).

- Actividad inventiva (Art. 8.1 LP):

La diferencia entre el elemento fungible de la invención recogido en la reivindicación 2 (del mismo modo el conjunto de dispositivo recogido en la reivindicación 5) y el divulgado en D01 es que en el primero el blanco está constituido por una pluralidad de capas. Sin embargo, los blancos constituidos por una pluralidad de capas son ampliamente conocidos por el experto en la materia, por lo que, a la vista de la información divulgada en D01, podría llegar al elemento de la invención sin el ejercicio de la actividad inventiva y con razonables expectativas de éxito. Por lo tanto, dichas reivindicaciones carecen de actividad inventiva (Art. 8.1 LP).

Siguiendo un razonamiento análogo, se considera que el objeto de la invención recogido en la reivindicación 8 carece de actividad inventiva (Art. 8.1 LP).

Las reivindicaciones 2, 5 y 8 también se consideran no inventivas a la vista de la información divulgada en D02 y D03.

Por último, no se ha encontrado divulgado en el estado de la técnica un procedimiento de determinación del patrón de grabado por bombardeo de partículas de un blanco como se recoge en la reivindicación 10. Tampoco sería obvio para el experto en la materia llegar a este procedimiento sin el ejercicio de la actividad inventiva. Por lo tanto, se considera que las reivindicaciones 10 a 20 presentan novedad y actividad inventiva (Arts. 6.1 y 8.1 LP).