

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 738 669**

51 Int. Cl.:

F24S 70/20 (2008.01)

F24S 70/12 (2008.01)

B81C 1/00 (2006.01)

B23K 26/00 (2014.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.11.2014 PCT/IB2014/066420**

87 Fecha y número de publicación internacional: **11.06.2015 WO15083051**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.11.2014 E 14828294 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.06.2019 EP 3077327**

54 Título: **Absorbedor solar térmico con estructura de superficie y su procedimiento de producción**

30 Prioridad:

04.12.2013 FR 1362104

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
24.01.2020

73 Titular/es:

**COMMISSARIAT À L'ÉNERGIE ATOMIQUE ET
AUX ÉNERGIES ALTERNATIVES (100.0%)
25, Rue Leblanc, Bâtiment "Le Ponant D"
75015 Paris, FR**

72 Inventor/es:

**DELLEA, OLIVIER y
OLLIER, EMMANUEL**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 738 669 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

Absorbedor solar térmico con estructura de superficie y su procedimiento de producción

La presente invención se refiere a un absorbedor solar térmico capaz de funcionar a temperaturas elevadas y que comprende una estructura de superficie texturada y un procedimiento de fabricación de dicho absorbedor.

- 5 Es conocido realizar un tratamiento de superficie selectivo en longitudes de onda para los absorbedores solares térmicos para mejorar la eficacia de conversión de la radiación solar en calor.

El principio de funcionamiento de un absorbedor solar térmico es simple y consiste en que el absorbedor solar absorbe la energía que proviene del sol para calentar un líquido como, por ejemplo, agua o vapor de agua, que circula en contacto con el absorbedor.

- 10 Dos exigencias de calidad principales guían el diseño y la producción de un absorbedor solar térmico: la de absorber eficazmente la energía de la radiación solar y la de reflejar eficazmente la radiación térmica infrarroja del absorbedor para evitar las pérdidas térmicas y tender hacia la producción de un cuerpo negro.

- 15 Se han estudiado varios tipos de materiales en capas finas para este tipo de aplicación, como, por ejemplo, cromo negro, Ni-Al₂O₃, acero inoxidable, nitruro de aluminio (AlN), Mo-Al₂O₃, y Mo-AlN. Algunos de estos materiales incluso se industrializan al ser producidos a gran escala. Sin embargo, estos materiales que aseguran esta selectividad han demostrado su potencial solo hasta 600 °C, porque más allá de esta temperatura la estabilidad incluso de los depósitos de las capas no está garantizada o es defectuosa.

- 20 Para temperaturas elevadas, es decir, temperaturas superiores o iguales a 600 °C, los materiales W, Mo, Pt, Ni, Si son conocidos por ser más estables térmicamente. Sin embargo, estos materiales en ausencia de texturación de su superficie no presentan o presentan poca selectividad, es decir, presenta una baja absorción del espectro solar y una baja reflexión en el campo del infrarrojo. Como se describe en el artículo de J. Wang *et al.*, titulado «Simulation of two-dimensional Mo photonic crystal for high-temperature solar-selective absorber», Phys. Status Solidi A 2007, N°8, 1988-1992 (2010), estos materiales refractarios planos se alejan por sus espectros en reflexión de la curva de selectividad ideal para los absorbedores térmicos solares cuya longitud de onda umbral λ_{th} está cerca de 2 μm .

- 25 Para aumentar la selectividad espectral del absorbedor térmico y mantener su eficacia de conversión a estas temperaturas, se conoce estructurar o texturar la superficie de materiales refractarios para obtener las propiedades ópticas necesarias para un absorbedor térmico selectivo, es decir, una absorción de la radiación electromagnética solar en el visible superior al 95 % y una emisividad en el infrarrojo (IR) inferior al 5 %.

Generalmente, las estructuras de superficie aplicadas se producen utilizando cristales fotónicos.

- 30 En este contexto, trabajos de investigación, generalmente limitados a trabajos de simulación del rendimiento de ciertas estructuras de superficie en el campo de los absorbedores solares térmicos, y que prestan poca atención a la industrialización de la fabricación de estas estructuras, han considerado diferentes tipos de cristales fotónicos y han sido publicados.

- 35 Entre los cristales fotónicos, conocidos por ser micro o nanoestructuras periódicas que afectan de manera ventajosa a la propagación de ondas electromagnéticas, se han estudiado formas unidimensionales (1D), bidimensionales (2D) y tridimensionales (3D), representando las dimensiones el número de direcciones según las cuales existe una periodicidad de la constante dieléctrica.

- 40 Las estructuras de superficie estudiadas son relativamente convencionales y comprenden una matriz de orificios circulares o cuadrados, una matriz de tachuelas, una matriz de pirámides, una sucesión de ranuras paralelas, redes cruzadas de vigas.

Cuando se proponen procesos de fabricación para algunas de estas estructuras, estos últimos son complejos de realizar e incompatibles con una producción a gran escala.

- 45 Para una producción a gran escala, es necesario poder producir las dimensiones características obtenidas de la estructura de superficie del orden del micrómetro o inferiores sin recurrir a la utilización de métodos de fotolitografía convencionales que emplean una exposición de una resina fotosensible o una escritura por haz de electrones.

El artículo de H. Sauti *et al.*, titulado «Numerical study on tungsten selective radiators with various micro/nano structures», Photovoltaic Specialists Conference, 2005, IEEE, 762-765 (2005) describe un estructura de superficie realizada mediante una red de orificios dispuestos en un material metálico tal como tungsteno (W), siendo las dimensiones exploradas para el radio, el espesor de la película y el periodo de los motivos del orden del micrómetro.

- 50 El documento WO 2013/165014 A1 divulga un absorbedor solar térmico capaz de funcionar a temperaturas elevadas que comprende una estructura de superficie texturada que comprende: un sustrato que tiene una superficie plana o curva, constituido por un primer material ópticamente reflectante, estable térmicamente, y que tiene un conjunto de elementos de superficie que definen una superficie de referencia, y un conjunto de elementos texturales que tienen

una misma estructura elemental y distribuidos a lo largo de la superficie de referencia según una disposición bidimensional, constando la estructura elemental de un elemento textural de una cavidad, formada en el sustrato, que tiene un borde al mismo nivel que la superficie de referencia y un fondo.

5 El objeto de la invención es proponer una estructuración de superficie con una geometría innovadora para obtener una selectividad en longitud de onda, adaptada a los absorbedores solares térmicos, y compatible con un procedimiento de fabricación industrial de bajo coste, que se puede implementar a gran escala en una gran superficie y compatible con materiales refractarios a temperaturas elevadas.

10 Para este fin, la invención tiene por objeto un absorbedor solar térmico capaz de funcionar a temperaturas elevadas, es decir temperaturas superiores o iguales a 600 °C, y que comprende una estructura de superficie texturada, que comprende

un sustrato que tiene una superficie plana o curva, constituido por un primer material ópticamente reflectante, estable térmicamente, y que tiene un conjunto de elementos de superficie que definen una superficie de extensión de referencia, y

15 un conjunto de elementos texturales que tienen una misma estructura elemental y distribuidos a lo largo de la superficie de referencia según una disposición bidimensional,

la estructura elemental de un elemento textural consta de una cavidad, formada en el sustrato, que tiene un borde al mismo nivel que la superficie de referencia y un fondo, caracterizado por que dicha cavidad se ensancha desde el fondo hasta el borde, y por que dicha estructura elemental de un elemento textural consta además de

20 una corona sobresaliente con respecto a la superficie de referencia y situada inmediatamente en la periferia del borde de la cavidad.

Según realizaciones particulares, el absorbedor solar consta de una o varias de las características siguientes, tomadas solas o en combinación:

25 - dos coronas inmediatamente vecinas están separadas en todas partes por un espacio o se tocan en un único punto, y presentan una distancia s de separación, superior o igual a cero, inferior o igual a 500 nm, y preferiblemente inferior o igual a 100 nm;

- la estructura elemental presenta una simetría cilíndrica alrededor de un eje de simetría que atraviesa el fondo de la cavidad y normal a la superficie de referencia; y

30 la cavidad tiene un diámetro D , considerado a nivel de la superficie de referencia, y una profundidad H , definida como la distancia que separa el fondo de la superficie de referencia, tales que un primera relación de forma H/D , definida como la relación de la profundidad H respecto al diámetro D de la cavidad es estrictamente superior a uno; y,

35 la corona posee una anchura de base l , definida como la mayor anchura de una sección radial de la corona siendo igual a la diferencia entre un radio externo correspondiente al contorno externo de la corona y un radio interno correspondiente al contorno interno de la corona tomado a nivel de la superficie de referencia, y posee una altura h , definida como la distancia que separa la superficie de referencia y la mayor de una única o varias de las crestas de la corona, siendo la anchura de base l y la altura h tales que un segundo factor de forma h/l , definido como la relación de la altura respecto a la anchura de base de la corona es estrictamente superior a uno; y

el diámetro transversal D , la profundidad H de la cavidad, la anchura de base l , la altura h de la corona son todos inferiores o iguales a 10 μm , preferiblemente o iguales a 1 μm ;

40 - el perfil de una sección radial de la cavidad es una primera curva plana simétrica por el eje de simetría, estando el eje de simetría orientado positivamente desde el fondo hacia la superficie de referencia y teniendo como origen su punto de intersección con la superficie de referencia, y

el punto de intersección del eje de simetría con el fondo es un mínimo de la primera curva plana, y

45 decreciendo la distancia que separa dos puntos simétricos de la primera curva plana situados a un mismo nivel cuando el nivel correspondiente de los puntos simétricos decrece;

- la primera curva plana es una porción de parábola o una porción de la envoltura de un cono bidimensional;

- el perfil de una semisección radial de la corona según un semiplano radial es una segunda curva plana definida por una función de evolución del nivel de la corona en función del radio de esta,

50 estando la función de evolución del perfil del nivel de la corona en valores positivos y definida en un intervalo cerrado de radios comprendido entre el radio interno de la corona y el radio externo de la corona, y

siendo el valor del nivel de la corona correspondiente al radio interno igual a cero y siendo el valor del nivel de la corona correspondiente al radio externo superior o igual a cero e inferior a la mitad de la altura h ; y

siendo la función de evolución en primer lugar creciente en un primer subintervalo hasta alcanzar un umbral de nivel h_{umbral} estrictamente superior a la mitad de la altura h , y a continuación

- 5 en un segundo subintervalo que evoluciona por encima del umbral de nivel h_{umbral} hasta alcanzar la altura de la corona y que evoluciona a continuación hasta alcanzar de nuevo el nivel de umbral h_{umbral} , y a continuación

en un tercer subintervalo que decrece hasta alcanzar el nivel correspondiente al radio externo;

- las coronas son de una sola pieza con el sustrato y están constituidas por el mismo primer material;

- 10 - la estructura de superficie texturada comprende una capa de un segundo material, depositada sobre el conjunto de las cavidades y de las coronas), y zonas de la superficie de referencia del sustrato no recubiertas por las coronas,

estando el segundo material compuesto por una o varias capas;

- las coronas están constituidas por un segundo material diferente del primer material que constituye el sustrato;

- 15 - el segundo material es un material comprendido en el conjunto formado por metales tales como tungsteno, molibdeno, aleaciones metálicas como acero, materiales antirreflectantes tales como óxido de silicio;

- el primer material es un material seleccionado entre metales refractarios tales como tungsteno, molibdeno..., cerámicas tales como carburo de silicio y aleaciones tales como acero;

- 20 - la disposición de los elementos texturales que tiene la misma estructura elemental siguiendo el plano de referencia se realiza en forma de un pavimento de redes elementales de elementos texturales,

teniendo las redes elementales una misma configuración de malla comprendida en el conjunto formado por mallas hexagonales, mallas cuadradas, mallas triangulares y estando caracterizado por un grado de compacidad de los elementos texturales;

- 25 La invención también tiene por objeto un procedimiento de fabricación de un absorbedor solar térmico capaz de funcionar a temperaturas elevadas es decir temperaturas superiores o iguales a 600 °C y que comprende una estructura de superficie texturada, comprendiendo el procedimiento una primera etapa que consiste en proporcionar un sustrato que tiene una superficie plana o curva, constituido por un primer material ópticamente reflectante, estable térmicamente, y que tiene una superficie de referencia, y que comprende además una segunda etapa, ejecutada tras la primera etapa, que consiste en

- 30 producir un conjunto de elementos texturales que tienen una misma estructura elemental y distribuidos a lo largo de la superficie de referencia según una disposición bidimensional, constando la estructura elemental de un elemento textural de

una cavidad, formada en el sustrato, que tiene un borde al mismo nivel que la superficie de referencia y un fondo, se ensancha desde el fondo hasta el borde, y por que dicha estructura elemental de un elemento textual consta de

- 35 una corona sobresaliente con respecto a la superficie de referencia y situada inmediatamente en la periferia del borde de la cavidad.

Según realizaciones particulares, el procedimiento de fabricación consta de una o varias de las características siguientes, tomadas solas o en combinación:

- la segunda etapa comprende las etapas sucesivas que consisten en

- 40 en una tercera etapa depositar sobre la superficie lisa del sustrato que forma la superficie de referencia una película de partículas lenticulares en ensamblaje compacto, estando las partículas lenticulares configuradas para microfocalizar un haz de radiación láser sobre el sustrato, y a continuación,

en una cuarta etapa someter a las partículas lenticulares a un flujo láser de impulsos configurado de modo que cuando la energía microfocalizada alcanza un umbral de ablación del primer material que constituye el sustrato, una cavidad se forma en el sustrato en el emplazamiento de una zona de contacto de la partícula lenticular estando acompañada de una elevación de materia que forma una corona alrededor de la cavidad;

- 45 - el procedimiento de fabricación definido anteriormente comprende una etapa de depósito de un segundo material mono o multicapa sobre la superficie de referencia del sustrato, ejecutada entre las primera y segunda etapas, presentando el segundo material una baja emisividad a la radiación infrarroja, y

la segunda etapa comprende las etapas sucesivas que consisten en

en una quinta etapa depositar sobre la superficie plana del segundo material una película de partículas lenticulares en ensamblaje compacto, estando las partículas lenticulares configuradas para microfocalizar un haz de radiación láser sobre la capa del segundo material y el sustrato inmediatamente por debajo, y a continuación,

5 en una sexta etapa someter a las partículas lenticulares a un flujo láser de impulsos configurado de modo que cuando la energía microfocalizada alcanza un umbral de ablación de los segundo y primer materiales, se forma una cavidad en el segundo material y en el sustrato en el emplazamiento de una zona de contacto de la partícula lenticular estando acompañada de una elevación del segundo material que forma una corona alrededor de la cavidad perforada en el sustrato;

10 - el depósito de una película compacta de partículas lenticulares se realiza mediante una técnica de depósito comprendida en el conjunto formado por una técnica de Langmuir-Blodgett, Langmuir-Schaefer y un depósito por devanadora;

15 - las partículas lenticulares son partículas de un material dieléctrico comprendido en el conjunto formado por óxidos, sílice, cuarzo, polímeros tales como poliestireno o partículas de un material eléctricamente conductor comprendido en el conjunto formado por oro, plata, plata, acero inoxidable.

las partículas lenticulares tienen la forma de una esfera o de una esfera modificada mediante un proceso de grabado químico, térmico, por plasma implementado en una etapa de grabado ejecutada entre las tercera y cuarta etapas, o entre las quinta y sexta etapas, estando el diámetro de la esfera comprendido entre algunas decenas de nm y varias decenas de micrómetros.

20 - el haz láser aplicado sobre la película de las partículas está colimado y suministrado por impulsos que varían entre el femtosegundo y el nanosegundo, preferiblemente que varían entre el femtosegundo y el picosegundo;

- el procedimiento de fabricación comprende una etapa de limpieza de las partículas lenticulares residuales ejecutada después de la segunda etapa;

25 - el procedimiento de fabricación comprende una etapa de depósito de un segundo material mono o multicapa, ejecutada después de la segunda etapa o la etapa de limpieza.

La invención se entenderá mejor con la lectura de la descripción de varias realizaciones que siguen, dadas únicamente como ejemplos y realizadas en referencia a los dibujos, en los que:

La figura 1 es una vista de una primera realización de una estructura de superficie de la invención;

La figura 2 es una vista de una primera realización de una estructura de superficie de la invención;

30 La figura 3 es una vista de un ejemplo de una red elemental de elementos texturales de la figura 2 que organiza la disposición bidimensional de una estructura de superficie según la invención;

La figura 4 es una vista comparativa de las prestaciones en términos de reflectividad entre la estructura de superficie de las figuras 2 y 3 y una estructura convencional de un plano liso de tungsteno;

35 La figura 5 es una vista comparativa de las prestaciones en términos de reflectividad entre la estructura de superficie de las figuras 2 y 3 y una estructura de superficie texturada convencional que consta de orificios circulares y desprovista de collarín;

La figura 6 es una vista de una tercera realización de una estructura de superficie de la invención;

La figura 7 es una vista de una cuarta realización de una estructura de superficie de la invención;

40 La figura 8 es un ordinograma de un procedimiento general de fabricación de una estructura de superficie de las figuras 1-3 y 6-7;

La figura 9 es un ordinograma de una primera realización del procedimiento general de fabricación de la figura 7;

Las figuras 10 y 11 son vistas en el microscopio electrónico de barrido de estructuras de superficie de la figura 1 producidas respectivamente con un láser de femtosegundo y un láser de picosonda;

La figura 12 es un ordinograma de una segunda realización del procedimiento general de fabricación de la figura 7;

45 La figura 13 es una vista de las zonas de ablación-vaporización y de fusión de los primer y segundo materiales cuando se implementa la segunda realización del procedimiento de la figura 12;

La figura 14 es una vista de partículas lenticulares que tienen una forma esférica modificada;

La figura 15 es una vista comparativa de las zonas de ablación-vaporización y de fusión de los primer y segundo materiales en función de la forma modificada de las partículas lenticulares cuando se implementa la segunda realización del procedimiento de la figura 12.

5 Según la figura 1 y una primera realización, una estructura de superficie texturada 2 para un absorbedor solar térmico, capaz de funcionar a temperaturas elevadas, comprende un sustrato 4 que tiene una superficie, en este caso plana, y un conjunto 6 de elementos texturales 8.

10 El sustrato 4 está constituido por un primer material ópticamente reflectante, en este caso un material refractario, estable térmicamente. El sustrato 4 posee un conjunto 10 de elementos de superficie, en este caso planos, 12 que pertenecen a una misma superficie de referencia 14, en este caso un plano de referencia representado en extremo en la figura 1. Como variante, se pueden utilizar otras superficies lisas de referencia como, por ejemplo, una superficie cilíndrica, una superficie paraboloide, una superficie hiperboloide...

Los elementos texturales 8 poseen una misma estructura elemental 16 y están distribuidos a lo largo del plano de referencia 14 según una disposición periódica bidimensional.

15 En la figura 1, esta disposición bidimensional no es visible debido a la representación de un corte particular de la estructura de superficie 2, en este caso limitada a dos elementos texturales 8 inmediatamente vecinos en aras de la simplificación.

La estructura elemental 16 de un elemento textural 8 consta de una cavidad 20 y una corona 22 o collarín.

La cavidad 20, formada en el sustrato 4, consta de un borde 24 y un fondo 26, estando el borde definido como el contorno de la cavidad 20 a nivel del plano de referencia 14.

20 La cavidad 20 se ensancha desde el fondo 26 hasta el borde 24.

La corona 22, sobresaliente con respecto al plano de referencia 14 está situada inmediatamente en la periferia del borde de la cavidad 20.

Las dos coronas 22 de cualquier par de elementos texturales inmediatamente vecinos están separadas por un espacio.

25 Como se representa en la figura 1, dos coronas inmediatamente vecinas presentan una distancia s de separación, inferior o igual a 500 nm, preferiblemente inferior o igual a 100 nm, incluso nula, estando la distancia s definida como el mínimo de las distancias que separan dos puntos cualesquiera de las dos coronas, estando uno de los puntos tomado en una corona, estando el otro punto tomado en la otra corona, y estando la distancia s alcanzada en un par único de puntos.

30 En este caso, las coronas son de una sola pieza con el sustrato y están constituidas por el mismo primer material.

En este caso, en la figura 1, la estructura elemental 16 presenta una simetría cilíndrica alrededor de un eje de simetría 30 que atraviesa el fondo 26 de la cavidad 20 y que es normal al plano de referencia 10.

35 La cavidad 20 tiene un diámetro D , considerado a nivel del plano de referencia 14, y una profundidad H , definida como la distancia que separa el fondo 26 del plano de referencia 14, tales que una primera relación de forma H/D , definida como la relación de la profundidad H respecto al diámetro D de la cavidad es estrictamente superior a uno.

La corona 22 tiene una anchura de base l que está definida como la mayor anchura de la base de una sección radial de la corona 22 y que es igual a la distancia radial que separa el borde 24 de la cavidad 20 y el contorno externo de la corona 22.

40 La corona 22 tiene una altura h , definida como la distancia que separa el plano de referencia 14 y la mayor de una única o varias de las crestas de la corona. La anchura de base l y la altura h son tales que un segundo factor de forma h/l , definido como la relación de la altura respecto a la anchura de base de la corona es estrictamente superior a uno.

En este caso, en la figura 1 y de manera particular, la corona 22 posee una única cresta 32. Como variante, la corona posee al menos dos crestas.

45 El diámetro transversal D , la profundidad H de la cavidad 20, la anchura de base l , la altura h de la corona 22 son todos inferiores o iguales a 10 μm , preferiblemente o iguales a 1 μm .

Cuando, como se representa en la figura 1, la estructura elemental 16 presenta una simetría cilíndrica alrededor de un eje de simetría 30, un perfil 36 de una sección radial de la cavidad 20 es una primera curva plana 38.

50 La primera curva plana 38 es simétrica con respecto al eje de simetría 30, orientado positivamente desde el fondo 26 de la cavidad 20 hacia el plano de referencia 14, graduado en niveles y que tiene como origen su intersección con el

plano de referencia 14.

El eje de simetría 30 presenta un punto de intersección 40 con el fondo de la cavidad 20 que es un mínimo de la primera curva 38, y la distancia que separa dos puntos simétricos de la primera curva, situados a un mismo nivel, decrece cuando el nivel correspondiente de los puntos simétricos decrece.

5 La primera curva plana 38, ilustrada en la figura 1, es por ejemplo una porción de parábola.

Cuando, como se representa en la figura 1, la estructura elemental 12 presenta una simetría cilíndrica alrededor de un eje de simetría 30, un perfil 48 de una sección radial de la corona 22 según un semiplano radial es una segunda curva plana 50 definida por una función de evolución del nivel de la corona 22 en función del radio r de esta.

10 La función de evolución del perfil del nivel de la corona está en valores positivos y está definida en un intervalo cerrado de radios comprendido entre el radio interno r_i de la corona 22, igual al radio de la cavidad $D/2$, y el radio externo r_e de la corona 22, igual al radio interno r_i de la corona aumentado en su anchura l . El valor del nivel de la corona 22 en el radio interno es igual a cero y el valor del nivel de la corona 22 en el radio externo es superior o igual a cero e inferior a la mitad de la altura h de la corona.

15 De manera general, la función de evolución del perfil de la corona es, en primer lugar, creciente en un primer subintervalo hasta alcanzar un umbral de nivel h_{umbral} , superior o igual a la mitad de la altura h de la corona. A continuación, en un segundo subintervalo, evoluciona por encima del umbral de nivel h_{umbral} hasta alcanzar la altura h de la corona y a continuación evoluciona hasta alcanzar de nuevo el umbral. A continuación, en un tercer subintervalo la función de evolución decrece hasta alcanzar el nivel correspondiente al radio externo.

20 En el caso particular de la corona ilustrada en la figura 1, la segunda curva 50 es una porción de parábola y el umbral de nivel coincide con el nivel de la única cresta, es decir, la altura h de la corona 22.

25 Según la figura 2, una segunda realización de una estructura de superficie 82 es análogo a la estructura de superficie 2 según la primera realización y difiere de ella por las curvas de perfil de las cavidades y de las coronas. En este caso la primera curva plana es una porción de la envoltura de un cono bidimensional, y la segunda curva plana es una porción de la envoltura de un cono bidimensional orientado en sentido inverso. De este modo, la estructura de superficie 82 comprende elementos texturales 88, formado cada uno por un orificio o cavidad cónica 100 y por una corona 102. La corona 102, sobresaliente con respecto a un plano de referencia 94 del sustrato 84, posee una forma exterior también cónica. El plano de referencia 94 está definido también en este caso a semejanza de la estructura de superficie 2 de la figura 1 como un plano de extensión de un conjunto de elementos de superficie planos que forman las juntas de las coronas entre sí. En la figura 2 esta extensión bidimensional plana no es visible debido a que las dos coronas representadas se tocan localmente en un punto y a que el plano de corte pasa por este punto y los ejes de simetría cilíndrica. No obstante, esta extensión bidimensional existe sin lugar a dudas. Las dimensiones D , l , s , H , h de la estructura de superficie 82 son respectivamente iguales a 600 nm, 200 nm, 0 nm, 600 nm y 300 nm

Como variante, la estructura elemental no presenta eje de simetría cilíndrica.

35 De manera general, la disposición de los elementos texturales que tienen la misma estructura elemental siguiendo el plano de referencia se realiza en forma de un pavimento de redes elementales de elementos texturales. Las redes elementales tienen una misma configuración de malla comprendida en el conjunto formado por mallas hexagonales, mallas cuadradas, mallas triangulares y se caracterizan por un grado de compacidad de los elementos texturales entre sí.

40 A modo de ejemplo, según la figura 3, se ilustra la configuración particular de una red elemental 120 con malla hexagonal compacta. Cada uno de los seis discos 122 de la red elemental 120 representa un elemento textural. Esta red elemental 120 organiza la disposición siguiendo el plano de referencia de la segunda realización de la estructura de superficie ilustrada en la figura 2. De este modo, un disco 122 corresponde en particular a un elemento textural 88 de la figura 2.

45 Según la figura 4, se comparan las prestaciones en términos de reflectividad óptica de una primera estructura de superficie plana de tungsteno (W) y las de una segunda estructura de superficie de tungsteno texturada según la geometría de la segunda realización descrita en las figuras 2 y 3. Una primera curva 132 representa la evolución de la reflectividad en función de la longitud de onda para la primera estructura mientras que una segunda curva 134 representa la evolución de la reflectividad en función de la longitud de onda para la segunda estructura. El aporte beneficioso de la texturación por la geometría de la invención aparece claramente, ya que, con una longitud de onda umbral cercana a 2 μm , la selectividad óptica presentada por la segunda curva 134 se acerca claramente más a la curva de selectividad ideal de un absorbedor térmico solar que la selectividad óptica presentada por la primera curva 132.

55 Según la figura 5, se comparan las prestaciones en términos de reflectividad óptica entre por un lado, una primera estructura de superficie de tungsteno (W) convencional con orificios cónicos sin collarines distribuidos en una configuración hexagonal compacta con cavidades, y, por otro lado, una segunda estructura de superficie de

5 tungsteno texturada según la geometría de la segunda realización de la invención, es decir la misma estructura que la primera estructura con un collarín en la periferia de cada orificio y sobresaliente con respecto al plano del sustrato. Una primera curva 142 representa la evolución de la reflectividad en función de la longitud de onda para la primera estructura mientras que una segunda curva 144 representa la evolución de la reflectividad en función de la longitud de onda para la segunda estructura. El aporte beneficioso del collarín sobre la selectividad de la respuesta óptica aparece claramente, ya que la selectividad óptica presentada por la segunda curva 144 se acerca claramente más a la curva de selectividad ideal de un absorbedor térmico solar que la selectividad óptica presentada por la primera curva 142.

10 Según la figura 6 y una tercera realización de la invención, derivada de la segunda realización descrita en la figura 2, una estructura de superficie texturada 150 comprende la estructura de superficie 90 de la figura 2 y, por encima, una capa 152 de un segundo material. La capa 152 se deposita sobre el conjunto de las cavidades 100 y de las coronas 102 que forman los elementos texturales, y de las zonas 92 no huecas del plano de referencia 94 del sustrato 84, no recubiertas por las coronas 102. El segundo material está compuesto por una o varias capas.

15 Según la figura 7 y una cuarta realización de la invención, una estructura de superficie texturada 160 se deriva de la estructura de superficie 2 de la figura 1 reemplazando las coronas 22 de una sola pieza con el sustrato y de un mismo primer material que esté último por coronas 162 constituidas por un segundo material diferente del primer material que constituye el sustrato.

20 De manera ventajosa, una estructura bi o multimaterial tal como se propone en la cuarta realización permite, por ejemplo, obtener una corona y un medio que rodea la cavidad constituidas por materiales diferentes. Esto permite optimizar más la estructura de base del elemento texturante seleccionando, por ejemplo, propiedades ópticas diferentes para el segundo material superior de la corona y para el primer material inferior del sustrato. Preferiblemente, el primer material superior es un metal reflector infrarrojo que permite limitar la emisividad en el infrarrojo de la estructura y mejorar, de este modo, el rendimiento del absorbedor. El primer material inferior del sustrato es un material que absorbe en el dominio del visible.

25 El primer material es un material comprendido en el conjunto de los metales refractarios tales como tungsteno (W), molibdeno (Mo), platino (Pt), níquel (Ni), silicio (Si), ..., cerámicas tales como carburo de silicio y aleaciones tales como acero.

30 El segundo material que constituye, bien la capa fina depositada sobre un sustrato previamente texturado y que consta en una sola pieza de las coronas del mismo primer material, o bien un material de la corona del primer material puede ser cualquier tipo de material y en particular:

- un metal, como por ejemplo molibdeno, tungsteno, níquel, platino.
- una aleación como acero,
- un material o un conjunto de materiales que permiten mejorar la función óptica, como un antirreflectante tal como por ejemplo óxido de silicio,
- 35 - un material o un conjunto de materiales que permiten mejorar la función de resistencia al envejecimiento o de protección frente al entorno, mediante óxido de silicio.

Según la figura 8, un procedimiento de fabricación 202 de una estructura de superficie texturada para un absorbedor solar térmico, capaz de funcionar a temperaturas elevadas y tal como se describe en las figuras 1 a 3 y 6 a 7 se basa en la interacción láser/partículas/sustrato.

40 El procedimiento 202 comprende globalmente una primera etapa 204 seguida de una segunda etapa 206.

En la primera etapa 204, se proporciona un sustrato que tiene una superficie plana o regularmente curva como por ejemplo la de un cilindro, una esfera, un paraboloide o un hiperboloide. El sustrato está constituido por un primer material ópticamente reflectante, estable térmicamente para temperaturas elevadas que superan los 1000 °C, y posee una superficie de referencia. El primer material es, por ejemplo, un material refractario y/o un metal.

45 A continuación, en la segunda etapa 206, se produce un conjunto de elementos texturales. Los elementos estructurales tienen una misma estructura elemental y están distribuidos a lo largo de la superficie de referencia según una disposición bidimensional. La estructura elemental de un elemento textural consta de una cavidad, formada en el sustrato, y una corona o collarín. La cavidad consta de un borde al mismo nivel que la superficie lisa de referencia y un fondo; se ensancha desde el fondo hasta el borde. La corona, sobresaliente con respecto a la superficie lisa de referencia, está situada inmediatamente en la periferia del borde de la cavidad.

50 Según la figura 9 y una primera realización 208 particular del procedimiento general 202 descrito en la figura 8, la segunda etapa 206 es una etapa 210 que comprende una tercera etapa 212 y una cuarta etapa 214, ejecutadas sucesivamente.

En la tercera etapa 208, una película de partículas lenticulares en ensamblaje compacto se deposita sobre la superficie del sustrato que forma la superficie plana de referencia, estando las partículas lenticulares configuradas para microfocalizar un haz de radiación láser sobre el sustrato.

5 A continuación, en la cuarta etapa 210 las partículas lenticulares se someten a un flujo láser de impulsos, configurado de modo que cuando la energía del láser, microfocalizado individualmente por cada partícula lenticular, alcanza un umbral de ablación del primer material que constituye el sustrato, una cavidad se forma entonces en el sustrato en el emplazamiento de una zona de contacto de la partícula lenticular estando acompañada de un elevación de materia que forma una corona alrededor de la cavidad.

10 De este modo, mediante el procedimiento 202 con solamente algunas etapas tecnológicas, principalmente el depósito de partículas lenticulares (tercera etapa 208) y disparos láser (cuarta etapa 210), es posible obtener en la superficie de un material refractario una estructuración de tipo hexagonal compacta con microestructuras formadas por orificios rodeados de coronas tal como se describe en las figuras 1 a 2 y 6 a 7.

15 El primer material que constituye el sustrato puede ser, como ya se ha visto, cualquier tipo de materiales sólidos, como por ejemplo metales refractarios tales como tungsteno o molibdeno, cerámicas como carburo de silicio, o aleaciones como aceros.

La superficie del sustrato debe presentar una rugosidad Ra inferior a 0,1 μm . El sustrato proporcionado en la primera etapa ha experimentado, por lo tanto, previamente una etapa de preparación de su superficie, por ejemplo por pulido.

20 Las partículas lenticulares son partículas de un material dieléctrico como por ejemplo óxidos, sílice, cuarzo, polímeros tales como poliestireno que actúan como elementos de focalización óptica.

Como variante, las partículas lenticulares son partículas de un material eléctricamente conductor como por ejemplo oro y plata que implementan entonces un proceso de concentración del campo diferente por efecto plasmón.

25 Las partículas lenticulares tienen la forma de una esfera o de una esfera modificada mediante un proceso de grabado químico, térmico, por plasma implementado en una etapa de grabado ejecutada entre las tercera y cuarta etapas, estando el diámetro de la esfera comprendido entre algunas decenas de nm y varias decenas de micrómetros, preferiblemente de 250 nm a 2 μm .

Las técnicas de depósito de película compacta de partículas que permiten la implementación de la tercera etapa son numerosas y conocidas, por ejemplo el método Langmuir-Blodgett, Langmuir-Schaefer y el depósito por devanadora (en inglés denominado «spin coating»).

30 El método de Langmuir-Blodgett se describe por ejemplo en el artículo de S. Acharya *et al.*, titulado «Soft Langmuir-Blodgett Technique for Hard Nanomaterials», *Advanced Materials*, 2009, 21, 2959-298, y el artículo de M. Bardosova titulado «The Langmuir-Blodgett Approach to Making Colloidal Photonic crystals from Silica Spheres», *Advanced Materials*, 2010, 22, 3104-3124.

35 El método de depósito por devanadora se describe por ejemplo en el artículo de T.E. Bauert, titulado «Self-Assembling of Particles Monolayers by Spin-Coating», *European Cells and Materials*, Vol. 10, Supl. 5, 2005.

40 El método Langmuir-Blodgett utiliza un líquido portador, por ejemplo agua, en el que se sumerge previamente en posición vertical el sustrato llamado «diana» sobre el que se debe añadir la monocapa de partículas lenticulares de forma esférica. Las partículas lenticulares se dispensan en la superficie del líquido sobre la que se dispersan. Una barrera mecánica se pone entonces en movimiento para reducir progresivamente la superficie ocupada por las partículas para comprimirlas. Cuando se ha formado la película compacta, el sustrato se pone en movimiento para depositar por capilaridad la película en su superficie. La barrera debe acompañar este movimiento de tiro para conservar la compresión de las partículas.

45 El enfoque, implementado en la cuarta etapa, es conocido y se describe en el artículo de Z. Chen *et al.*, titulado «Photonic nanojet enhancement of backscattering of light by nanoparticles: a potential novel visible-light ultramicroscopy technique», abril de 2004, Vol. 12, N° 7, *Optics Express* 1214. Consiste en explotar micro o nanoesferas (poliestireno, sílice, cuarzo...) como «lentillas» de focalización. De este modo, en esta configuración, un haz colimado o focalizado ilumina la película compacta de partículas. La energía del haz es concentrada entonces sobre el sustrato por cada una de las esferas. Este método permite, de este modo, a partir de un solo haz de iluminación y cuya dimensión excede ampliamente la de las esferas obtener en el sustrato una focalización «multipunto» muy por debajo del límite de difracción del haz incidente y con una periodicidad submicrónica.

50 Las fuentes de luz utilizadas en este enfoque pueden ser haces láser pulsados, colimados o focalizados, para grabar o erosionar directamente el sustrato. Más exactamente, los láseres de impulsos utilizados son, por ejemplo, láseres de femtosegundos que ofrecen la posibilidad de grabar numerosos materiales mediante el modo de interacción láser-materia apropiado a los impulsos ultrabreves. Los impulsos láser ultrabreves abarcan un ámbito de duración de impulso que va del femtosegundo (10^{-15} s) al picosegundo (10^{-12} s). También es posible utilizar láseres de

nanosegundos considerados como impulsos «largos».

5 Según la figura 10, una primera estructura de superficie 220 con orificios 222 y coronas 224 periféricas de una sola pieza con el sustrato 226 y de un mismo primer material se obtuvo mediante un procedimiento de la primera realización en el que se aplica una radiación láser sobre una capa de partículas de dióxido de silice de 1 μm de diámetro depositada directamente sobre el sustrato de acero.

El láser utilizado es un láser de femtosegundo Ti:Sa de Bright Raymax Lasers™, de longitud de onda 800 nm, de potencia máxima 2,5 W, cadencia a 5 kHz y de haz gaussiano.

10 Según la figura 11, una segunda estructura de superficie 230 con orificios 232 y coronas periféricas 234 de una sola pieza y de un mismo primer material se obtuvo también mediante un procedimiento de la primera realización en el que se aplica una radiación láser sobre una capa de partículas de dióxido de silice de 1 μm de diámetro depositada directamente sobre el sustrato 236 de acero.

El láser utilizado es, en este caso, un láser picosegundo de longitud de onda 1064 nm, de potencia máxima algunos vatios, cadencia a 1 kHz y de haz gaussiano.

15 Cabe destacar que, en general, después de la cuarta etapa de disparos láser, se implementa una etapa de limpieza de las partículas residuales de acuerdo con una de las numerosas técnicas conocidas actualmente. Por ejemplo, un método convencional utilizado para eliminar las partículas residuales consiste en sumergir el sustrato en un disolvente tal como agua, etanol acetona en presencia de ultrasonidos durante varios minutos.

20 Como variante y de manera opcional, se puede depositar una capa de pasivación de la estructura de superficie, como por ejemplo dióxido de silicio, nitruro de silicio mediante un procedimiento de tipo PVD, CVD, sol-gel, o impresión.

Según las figuras 12 y 13, se describe una segunda realización 238 particular del procedimiento general 202 de la figura 8, en el que la segunda etapa 206 es una etapa 240 que comprende una quinta etapa 242 y una sexta etapa 244, ejecutadas sucesivamente reemplazando respectivamente la tercera etapa 208 y la cuarta etapa 210.

25 El procedimiento 238 según la segunda realización comprende una etapa de depósito 246 de un segundo material en mono o multicapas sobre el plano de referencia del sustrato, ejecutada entre las primera y segunda etapas 204, 240, presentando el segundo material una baja emisividad a la radiación infrarroja.

30 En la quinta etapa 242 una película de partículas lenticulares se deposita en ensamblaje compacto sobre la superficie plana del segundo material. Las partículas lenticulares están configuradas para microfocalizar un haz de radiación láser sobre la capa del segundo material y el sustrato situado inmediatamente por debajo. En la figura 13, se representa una sola partícula lenticular 248.

35 En la sexta etapa 244, las partículas lenticulares se someten a un flujo láser de impulsos, configurado de modo que cuando la energía microfocalizada alcanza un umbral de ablación de los segundo y primer materiales, 249, 250, se forma una cavidad en el segundo material y en el sustrato en el emplazamiento de una zona de contacto 252 de la partícula lenticular estando acompañada de una elevación del segundo material que forma una corona alrededor de la cavidad perforada en el sustrato. Según la figura 13, la zona de contacto 252 se descompone en una primera zona central 254 de pulverización y de vaporización de los primer y segundo materiales que están contenido en ella, y una segunda zona 256 periférica de fusión del solo segundo material.

De este modo, una estructura bi o multimateriales estructurada se obtiene directamente mediante el procedimiento de exposición láser del tapiz de nanopartículas como muestra la figura 13.

40 De este modo, con este procedimiento una corona y un medio que rodea la cavidad están constituidos por materiales diferentes. Esto permite optimizar más la estructura de base seleccionando, por ejemplo, propiedades ópticas diferentes para el segundo material superior y para el primer material inferior del sustrato. Preferiblemente el material superior será un metal reflector infrarrojo que permitirá limitar la emisividad en el infrarrojo de la estructura y mejorar, de este modo, el rendimiento del absorbedor. El material inferior que forma el sustrato será un material que absorbe en el dominio del visible.

45 En las configuraciones mencionadas anteriormente, las dimensiones del elemento de estructura podrán estar adaptadas mediante el ajuste de diversos parámetros como la naturaleza de las partículas de microfocalización de la energía del haz láser.

50 Para ajustar la dimensión del orificio y de la corona, se pueden utilizar microesferas o microlentillas cuya forma se ha modificado, por ejemplo por grabado con plasma. La figura 14 representa un ejemplo de modificación de la geometría de partículas esféricas de silice mediante la acción de un plasma CHF_3/O_2 .

Según la figura 15, la adaptación de las geometrías de los collarines y cavidades mediante la modificación de la forma de las microlentillas se pone de manifiesto. La modificación de la focalización permite adaptar los tamaños de

las zonas de ablación 264 y de fusión 266 y, por lo tanto, adaptar el tamaño de las cavidades y collarines, así como la separación entre collarines.

5 Los parámetros del láser tales como la longitud de onda, el índice de repetición, la anchura de los impulsos, la polarización, la forma espacial y temporal del haz, permitiendo la fluencia también modular la geometría de la estructura de superficie.

Cabe destacar que, en variantes, las etapas de limpieza, de extensión de partículas, de exposición al haz láser se podrán realizar varias veces para aumentar la profundidad de los orificios.

Como variante, también es posible fijar las partículas a la superficie de sustrato mediante enlaces químicos, permitiendo esto tirar con más potencia y cavar más profundo.

10

REIVINDICACIONES

1. Absorbedor solar térmico capaz de funcionar a temperaturas elevadas, es decir temperaturas superiores o iguales a 600 °C, y que comprende una estructura de superficie texturada que comprende:

5 un sustrato (4; 84) que tiene una superficie plana o curva, constituida por un primer material ópticamente reflectante, estable térmicamente, y que tiene un conjunto de elementos de superficie (12; 92) que definen una superficie de referencia (14; 94), y

un conjunto de elementos texturales (8; 88) que tienen una misma estructura elemental (16; 96) y distribuidos a lo largo de la superficie de referencia (14; 94) según una disposición bidimensional,

10 constando la estructura elemental (16; 96) de un elemento textural (8; 88) de una cavidad (20; 100), formada en el sustrato (4; 94), que tiene un borde (24; 104) al mismo nivel que la superficie de referencia (14; 94) y un fondo (26; 106), y

caracterizado por que dicha cavidad se ensancha desde el fondo (26; 106) hasta el borde (24; 104), y por que dicha estructura elemental (16; 96) de un elemento textural (8; 88) consta además de una corona (22; 102) sobresaliente con respecto a la superficie de referencia (14; 104) y situada inmediatamente en la periferia del borde (24; 104) de la cavidad (20; 100).
2. Absorbedor solar según la reivindicación 1, en el que dos coronas (22; 102) inmediatamente vecinas están separadas en todas partes por un espacio o se tocan en un único punto, y presentan una distancia s de separación, superior o igual a cero, inferior o igual a 500 nm, y preferiblemente inferior o igual a 100 nm.
3. Absorbedor solar según una cualquiera de las reivindicaciones 1 y 2, en el que

20 la estructura elemental (26) presenta una simetría cilíndrica alrededor de un eje de simetría (30) que atraviesa el fondo (26) de la cavidad (20) y normal a la superficie de referencia (14); y

la cavidad (20; 100) tiene un diámetro D, considerado a nivel de la superficie de referencia (14; 94), y una profundidad H, definida como la distancia que separa el fondo (26; 106) de la superficie de referencia (14; 94), tales que una primera relación de forma H/D, definida como la relación de la profundidad H respecto al diámetro D de la cavidad (20; 100) es estrictamente superior a uno; y,

25 la corona (22; 102) posee una anchura de base l, definida como la mayor anchura de una sección radial de la corona (22; 102) siendo igual a la diferencia entre un radio externo correspondiente al contorno externo de la corona y un radio interno correspondiente al contorno interno de la corona tomado a nivel de la superficie de referencia (14; 94), y posee una altura h, definida como la distancia que separa la superficie de referencia y la mayor de una única o varias de las crestas de la corona, siendo la anchura de base l y la altura h tales que un segundo factor de forma h/l, definido como la relación de la altura respecto a la anchura de base de la corona es estrictamente superior a uno; y

30 el diámetro transversal D, la profundidad H de la cavidad, la anchura de base \hat{l} , la altura h de la corona son todos inferiores o iguales a 10 μ m, preferiblemente o iguales a 1 μ m.
4. Absorbedor solar según la reivindicación 3, en el que el perfil de una sección radial de la cavidad (20; 100) es una primera curva plana (38) simétrica por el eje de simetría (30), estando el eje de simetría (30) orientado positivamente desde el fondo (26; 106) hacia la superficie de referencia (14; 94) y teniendo como origen su punto de intersección con la superficie de referencia (14; 94), y

40 el punto de intersección del eje de simetría (30) con el fondo (26; 106) es un mínimo de la primera curva plana (38), y

decreciendo la distancia que separa dos puntos simétricos de la primera curva plana (38) situados a un mismo nivel, cuando el nivel correspondiente de los puntos simétricos decrece.
5. Absorbedor solar según la reivindicación 4, en el que

la primera curva plana (38) es una porción de parábola o una porción de la envoltura de un cono bidimensional.
6. Absorbedor solar según una cualquiera de las reivindicaciones 3 a 5 en el que

el perfil de una semisección radial de la corona (22; 102) según un semiplano radial es una segunda curva plana (50) definida por una función de evolución del nivel de la corona en función del radio de esta,

estando la función de evolución del perfil del nivel de la corona (22; 102) en valores positivos y definida en un intervalo cerrado de radios comprendido entre el radio interno de la corona (22; 102) y el radio externo de la corona (22; 102), y

50

siendo el valor del nivel de la corona (22; 102) correspondiente al radio interno, igual a cero y siendo el valor del nivel de la corona correspondiente al radio externo, superior o igual a cero e inferior a la mitad de la altura h ; y

5 siendo la función de evolución en primer lugar creciente en un primer subintervalo hasta alcanzar un umbral de nivel h_{umbral} estrictamente superior a la mitad de la altura h , y a continuación

en un segundo subintervalo que evoluciona por encima del umbral de nivel h_{umbral} hasta alcanzar la altura de la corona y que evoluciona a continuación hasta alcanzar de nuevo el nivel de umbral h_{umbral} , y a continuación

en un tercer subintervalo que decrece hasta alcanzar el nivel correspondiente al radio externo.

7. Absorbedor solar según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que

10 las coronas (22; 102) son de una sola pieza con el sustrato (4; 84) y están constituidas por el mismo primer material.

8. Absorbedor solar según la reivindicación 7, que comprende una capa (152) de un segundo material, depositada sobre el conjunto de las cavidades (100) y de las coronas (102), y zonas (92) de la superficie de referencia (94) del sustrato (4; 84) no recubiertas por las coronas (102),

15 estando el segundo material compuesto por una o varias capas.

9. Absorbedor solar según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que

las coronas (162) están constituidas por un segundo material diferente del primer material que constituye el sustrato.

10. Absorbedor solar según una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 9, en el que

20 el segundo material es un material comprendido en el conjunto formado por metales tales como tungsteno, molibdeno, aleaciones metálicas como acero, materiales antirreflectantes tales como óxido de silicio.

11. Absorbedor solar según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10 en el que el primer material es un material seleccionado entre metales refractarios tales como tungsteno y molibdeno, cerámicas tales como carburo de silicio y aleaciones tales como acero.

25 12. Absorbedor solar según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, en el que la disposición de los elementos texturales (88) que tienen la misma estructura elemental (96) siguiendo el plano de referencia se realiza en forma de un pavimento de redes elementales (120) de elementos texturales (88),

30 teniendo las redes elementales (120) una misma configuración de malla comprendida en el conjunto formado por mallas hexagonales, mallas cuadradas, mallas triangulares y estando caracterizado por un grado de compacidad de los elementos texturales.

35 13. Procedimiento de fabricación de un absorbedor solar térmico capaz de funcionar a temperaturas elevadas, es decir temperaturas superiores o iguales a 600 °C, y que comprende una estructura de superficie texturada, comprendiendo el procedimiento una primera etapa (204) que consiste en proporcionar un sustrato que tiene una superficie plana o curva, constituido por un primer material ópticamente reflectante, estable térmicamente, y que tiene una superficie de referencia, y comprendiendo además una segunda etapa (206; 210; 240), ejecutada tras la primera etapa (204), que consiste en

producir un conjunto de elementos texturales que tienen una misma estructura elemental y distribuidos a lo largo de la superficie de referencia según una disposición bidimensional, constando la estructura elemental de un elemento textural de

40 una cavidad, formada en el sustrato, que tiene un borde al mismo nivel que la superficie de referencia y un fondo, y

caracterizada por que dicha cavidad se ensancha desde el fondo hasta el borde, y **por que** dicha estructura elemental de un elemento textural consta de una corona sobresaliente con respecto a la superficie de referencia y situada inmediatamente en la periferia del borde de la cavidad.

45 14. Procedimiento de fabricación según la reivindicación 13, en el que la segunda etapa (210) comprende las etapas sucesivas que consisten en:

en una tercera etapa (212) depositar sobre la superficie lisa del sustrato que forma la superficie de referencia una película de partículas lenticulares en ensamblaje compacto, estando las partículas lenticulares configuradas para microfocalizar un haz de radiación láser sobre el sustrato, y a continuación,

en una cuarta etapa (214) someter a las partículas lenticulares a un flujo láser de impulsos configurado de modo que cuando la energía microfocalizada alcanza un umbral de ablación del primer material que constituye el sustrato, una cavidad se forma en el sustrato en el emplazamiento de una zona de contacto de la partícula lenticular estando acompañada de una elevación de materia que forma una corona alrededor de la cavidad.

- 5 15. Procedimiento de fabricación según la reivindicación 13,
- que comprende una etapa (246) de depósito de un segundo material mono o multicapa sobre la superficie de referencia del sustrato, ejecutada entre las primera y segunda etapas (204; 240), presentando el segundo material una baja emisividad a la radiación infrarroja, y
- en el que la segunda etapa (240) comprende las etapas sucesivas que consisten en:
- 10 en una quinta etapa (242) depositar sobre la superficie plana del segundo material una película de partículas lenticulares en ensamblaje compacto, estando las partículas lenticulares configuradas para microfocalizar un haz de radiación láser sobre la capa del segundo material y el sustrato inmediatamente por debajo, y a continuación,
- 15 en una sexta etapa (244) someter a las partículas lenticulares a un flujo láser de impulsos configurado de modo que cuando la energía microfocalizada alcanza un umbral de ablación de los segundo y primer materiales, se forma una cavidad en el segundo material y en el sustrato en el emplazamiento de una zona de contacto de la partícula lenticular estando acompañada de una elevación del segundo material que forma una corona alrededor de la cavidad perforada en el sustrato.
- 20 16. Procedimiento de fabricación según una cualquiera de las reivindicaciones 14 a 15, en el que el depósito de una película compacta de partículas lenticulares se realiza mediante una técnica de depósito comprendida en el conjunto formado por una técnica de Langmuir-Blodgett, Langmuir-Schaefer y un depósito por devanadora.
17. Procedimiento de fabricación según una cualquiera de las reivindicaciones 14 a 16, en el que
- 25 las partículas lenticulares son partículas de un material dieléctrico comprendido en el conjunto formado por óxidos, silice, cuarzo, polímeros tales como poliestireno o partículas de un material eléctricamente conductor comprendido en el conjunto formado por oro, plata, plata, acero inoxidable,
- las partículas lenticulares tienen la forma de una esfera o de una esfera modificada mediante un proceso de grabado químico, térmico, por plasma implementado en una etapa de grabado ejecutada entre las tercera y cuarta etapas, (212, 214) o entre las quinta y sexta etapas (242, 244), estando el diámetro de la esfera comprendido entre algunas decenas de nm y varias decenas de micrómetros.
- 30 18. Procedimiento de fabricación según una cualquiera de las reivindicaciones 14 a 17, en el que el haz láser aplicado sobre la película de las partículas está colimado y suministrado por impulsos que varían entre el femtosegundo y el nanosegundo, preferiblemente que varían entre el femtosegundo y el picosegundo.
19. Procedimiento de fabricación según una cualquiera de las reivindicaciones 14 a 18, que comprende una etapa de limpieza de las partículas lenticulares residuales ejecutada después de la segunda etapa (206).
- 35 20. Procedimiento de fabricación según una cualquiera de las reivindicaciones 13 a 18, que comprende una etapa de depósito de un segundo material mono o multicapa, ejecutada después de la segunda etapa (206) o la etapa de limpieza.

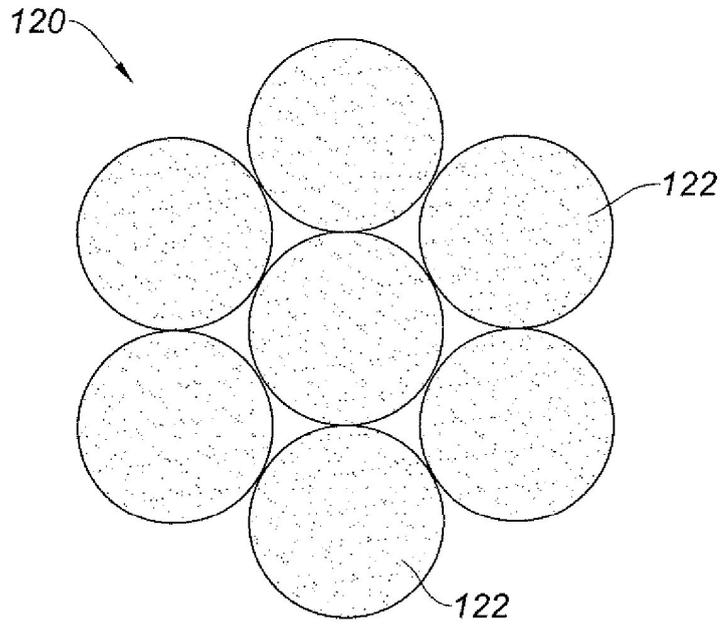


Fig. 3

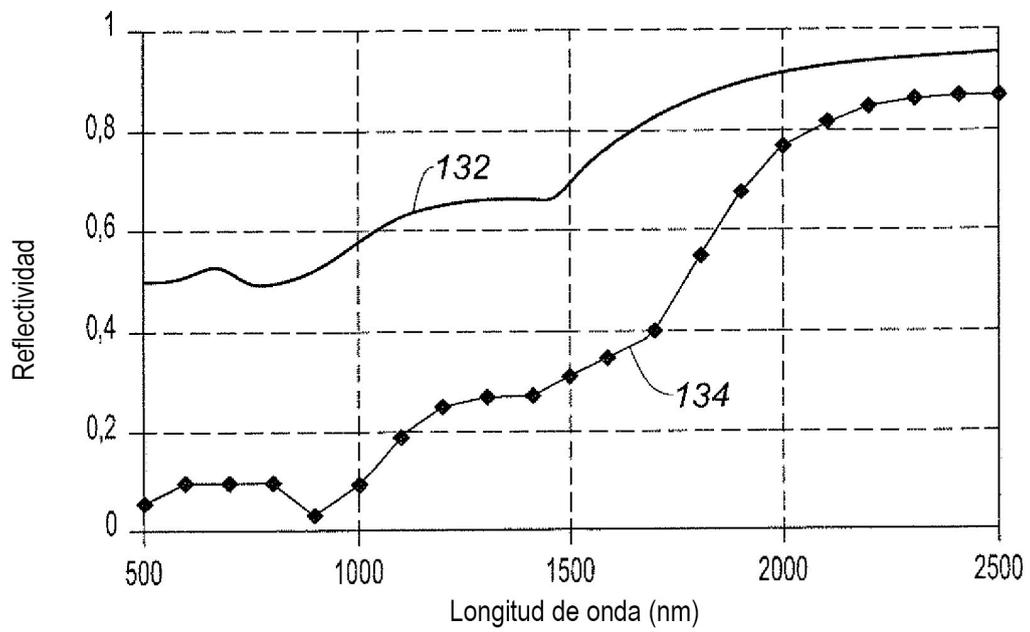


Fig. 4

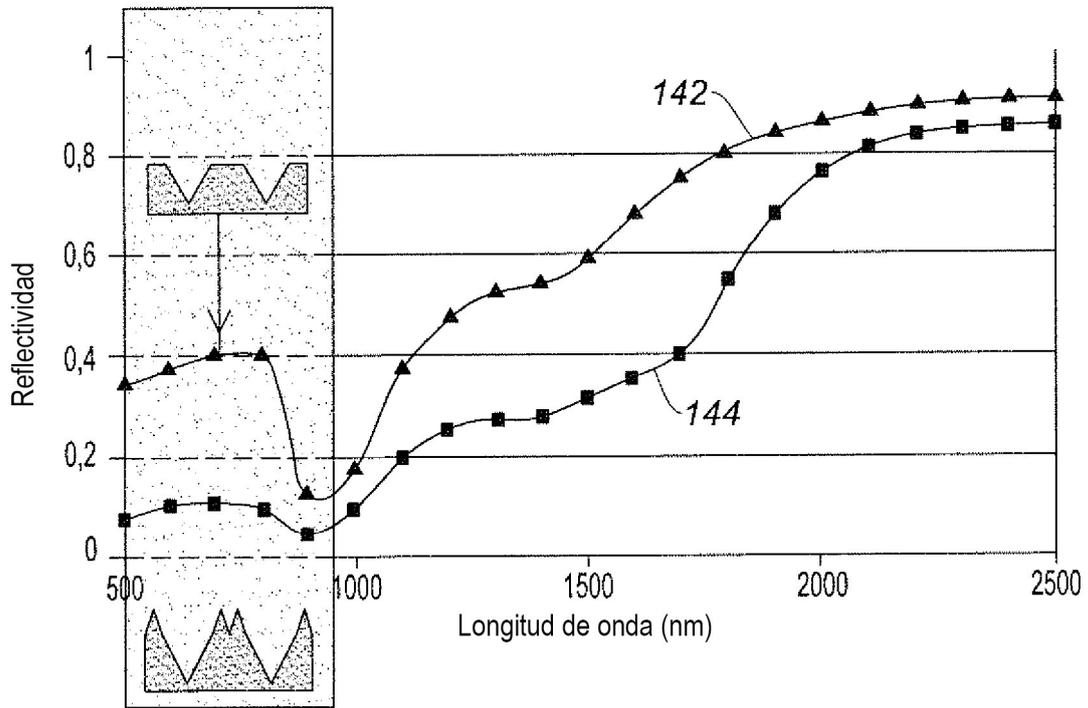


Fig. 5

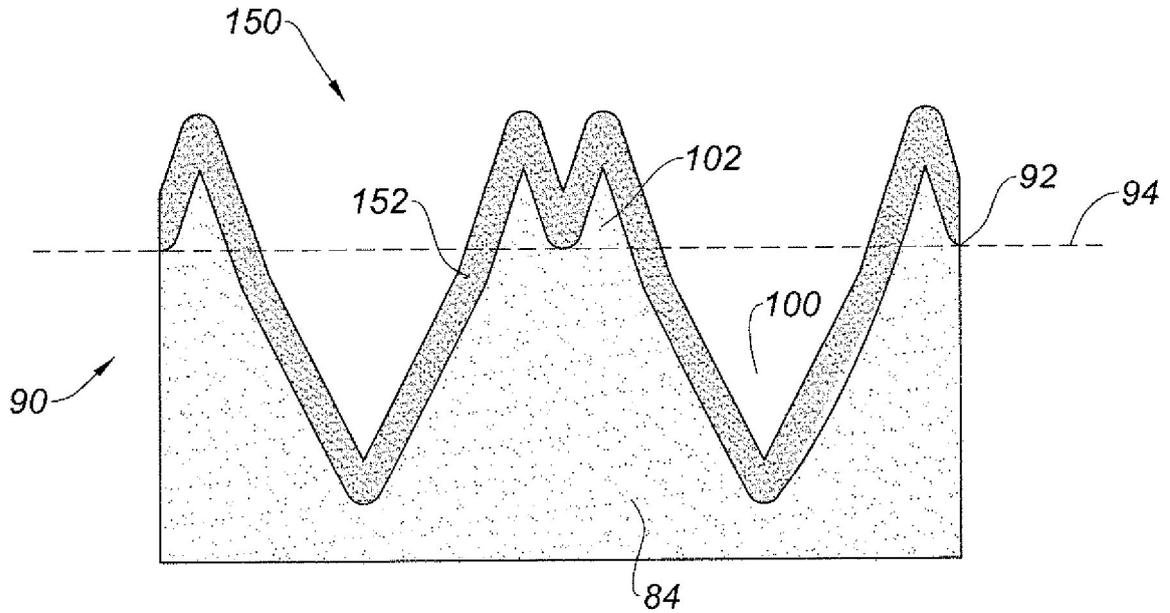


Fig. 6

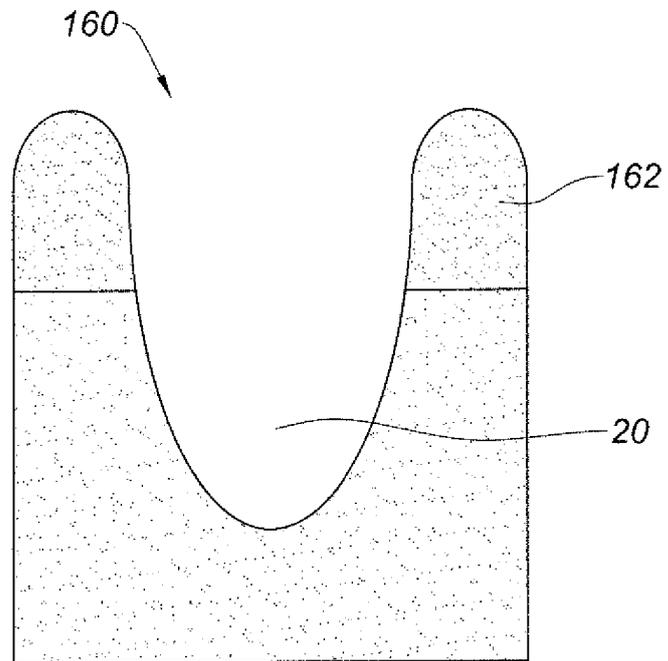


Fig. 7

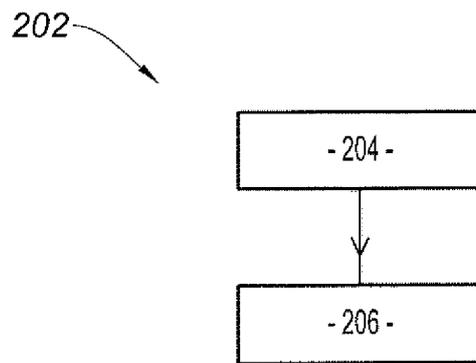


Fig. 8

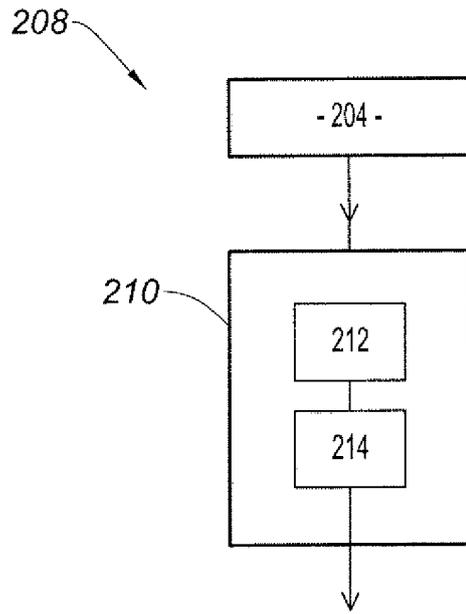


Fig. 9

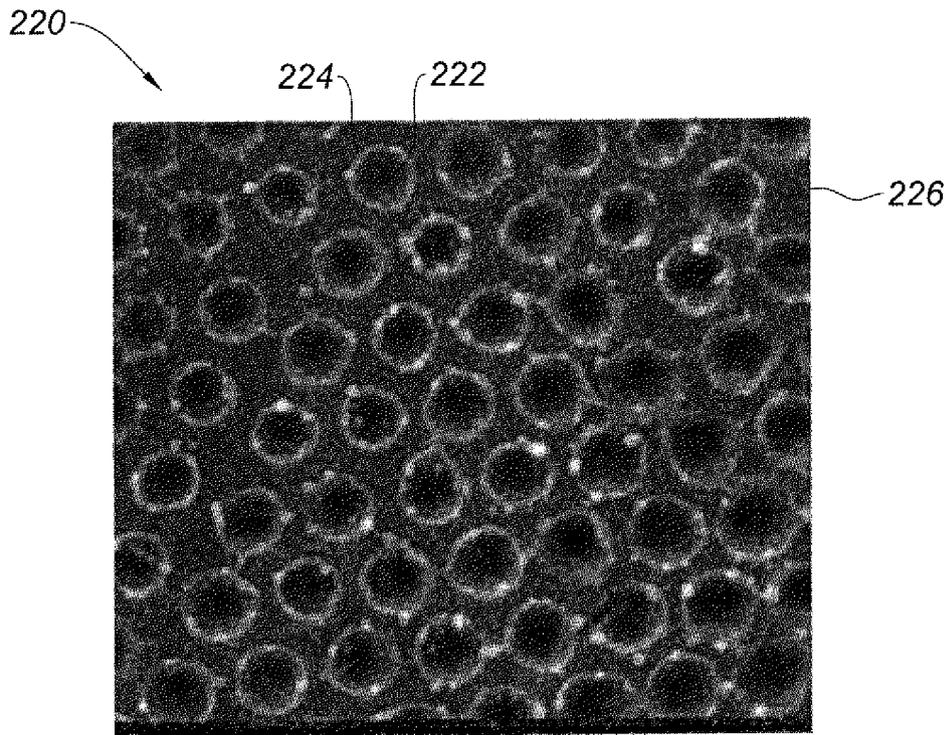


Fig. 10

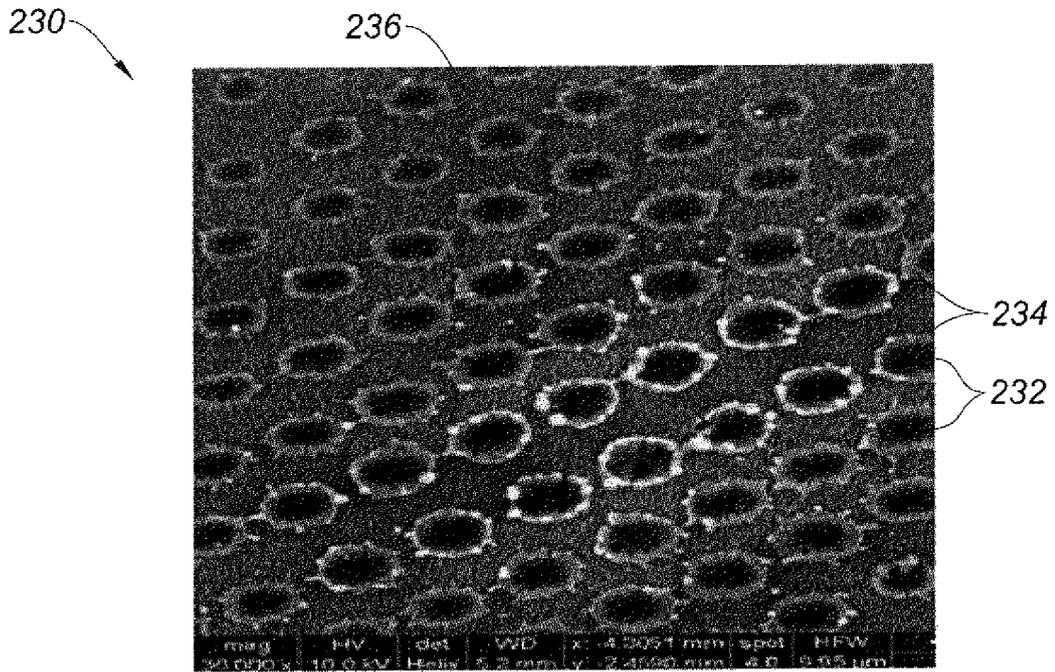


Fig. 11

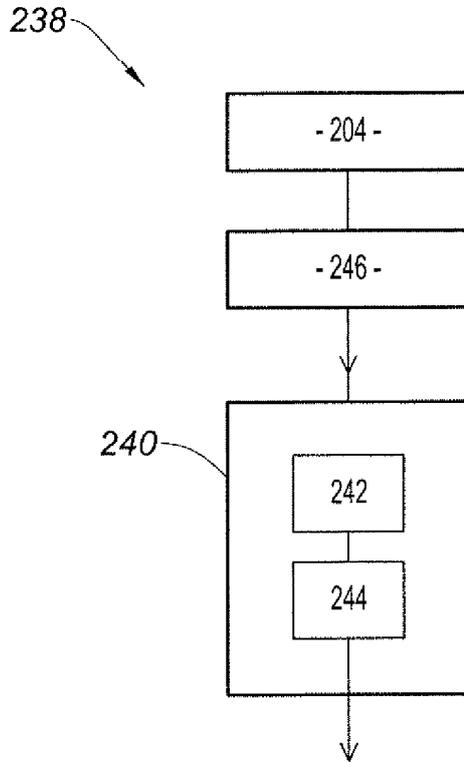


Fig. 12

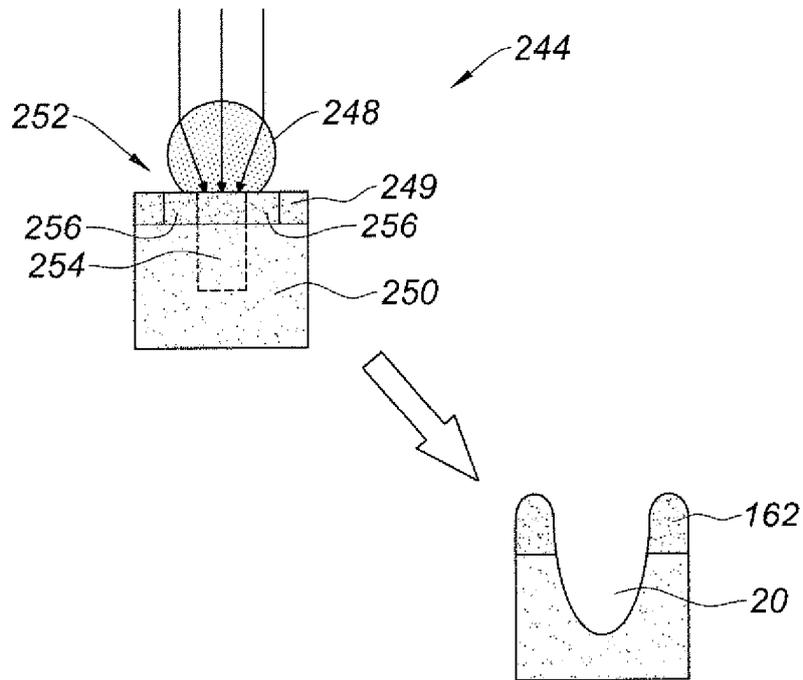


Fig. 13

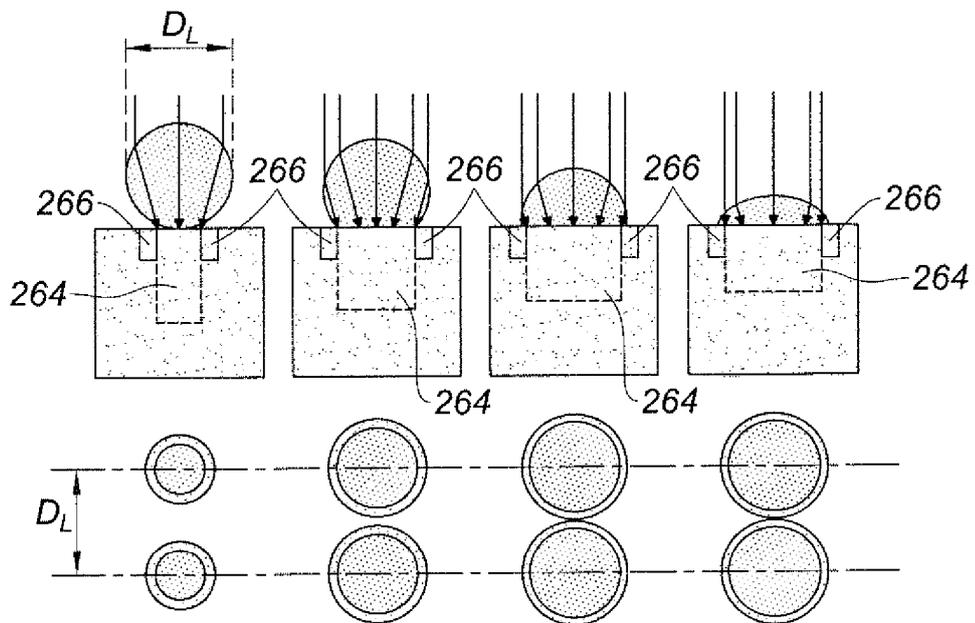


Fig. 15

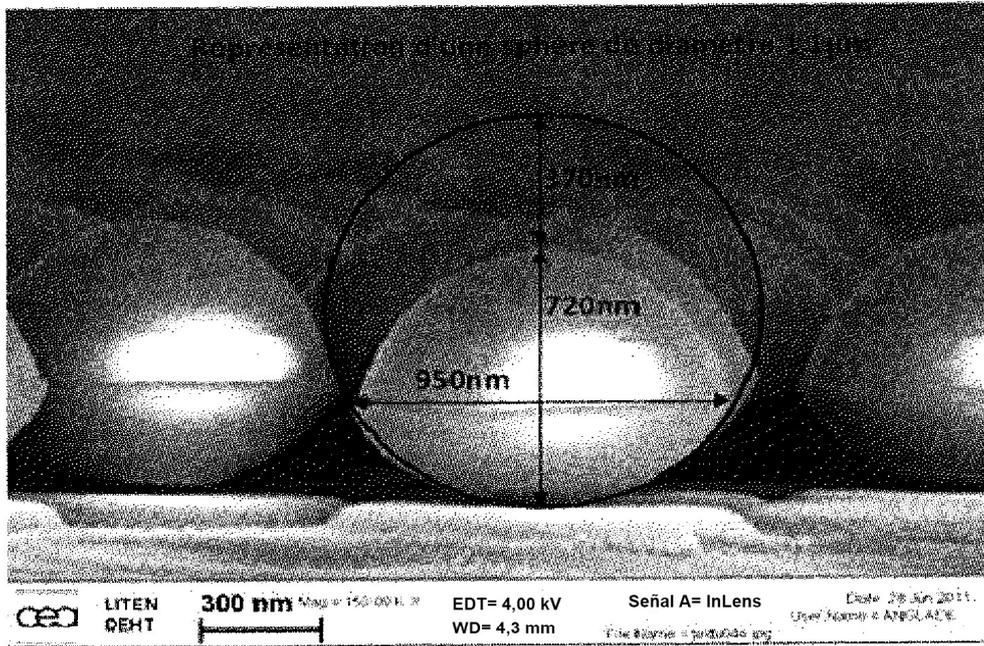


Fig. 14