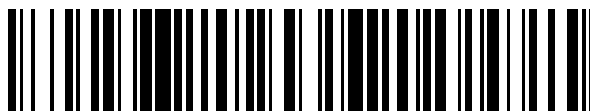


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 649 672**

51 Int. Cl.:

C01B 33/029 (2006.01)
C01B 32/05 (2007.01)
C01B 33/02 (2006.01)
C01B 33/027 (2006.01)
C23C 16/44 (2006.01)
B82Y 30/00 (2011.01)
B01J 19/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.07.2013** **PCT/EP2013/064232**
87 Fecha y número de publicación internacional: **16.01.2014** **WO14009265**
96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.07.2013** **E 13742173 (1)**
97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.09.2017** **EP 2872444**

54 Título: **Procedimiento de fabricación por pirólisis láser de partículas submicrónicas multicapas**

30 Prioridad:

12.07.2012 FR 1256710

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
15.01.2018

73 Titular/es:

NANOMAKERS (100.0%)
1 rue de Clairefontaine
78120 Rambouillet, FR

72 Inventor/es:

TENEGAL, FRANÇOIS

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 649 672 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

Procedimiento de fabricación por pirólisis láser de partículas submicrónicas multicapas

Campo técnico

- 5 La presente invención se refiere a un procedimiento de fabricación de partículas multicapas (normalmente una capa de núcleo revestida con una capa superior), normalmente mediante pirólisis láser. Se refiere también a un dispositivo asociado.

Este procedimiento permite a un usuario, por ejemplo, fabricar partículas submicrónicas de silicio revestidas cada una con una capa de carbono.

Estado de la técnica anterior

- 10 Se conoce un procedimiento para fabricar partículas de óxido de silicio revestidas con una capa de carbono por pirólisis láser como se describe en el documento US 6.387.531.

No obstante, este procedimiento plantea algunos inconvenientes:

- los tipos y el número posible de utilización de estas partículas son limitados, y se podría buscar la fabricación de partículas que permitan nuevas utilidades, y
- 15 - la homogeneidad de reparto y grosor de la capa de carbono sobre cada núcleo de partícula de silicio es mejorable.

El documento US 2009/0026421 describe un procedimiento de fabricación en el que dos elementos químicos son mezclados por haces cruzados delante de una zona de interacción con un láser.

El documento US 2004/0229447 describe una fabricación de núcleos de partículas en un reactor. Después de esta fabricación, es decir, fuera del reactor se hace un tratamiento de la superficie de las partículas con octadeceno.

- 20 El objetivo de la invención es resolver al menos uno o varios de los inconvenientes anteriormente citados.

Descripción detallada de la invención

Este objetivo se consigue con un procedimiento para producir partículas, que comprende las etapas siguientes:

- Introducir en una cámara de reacción al menos un flujo de reacción que comprende un primer elemento químico (normalmente silicio) y que se propaga según una dirección de flujo,
- 25 - Proyectar un haz de radiación a través de la cámara de reacción en intersección con cada flujo de reacción en una zona de interacción mediante flujo de reacción, para formar en cada flujo de reacción núcleos de partículas que comprenden el primer elemento químico, y
- Introducir, en la cámara de reacción, un segundo elemento químico (normalmente carbono) que interacciona con cada flujo de reacción para revestir los núcleos de partículas con una capa que comprende el segundo elemento químico,
- 30 estando desprovisto cada flujo de reacción de agente que oxida el primer elemento químico, y comprendiendo los núcleos de partículas el primer elemento químico en forma no oxidada, en que el número de átomos introducidos del segundo elemento con respecto al número de átomos introducidos del primer elemento corresponde a una relación de un átomo del segundo elemento introducido por unidad de tiempo para al menos dos átomos del primer elemento introducido por unidad de tiempo, siendo introducido el segundo elemento químico en la cámara en un flujo de gas que rodea a cada flujo de reacción, caracterizado porque:
- 35 - el segundo elemento químico es introducido en la cámara en un flujo de gas periférico que rodea a cada flujo de reacción, emitido a partir de varios puntos repartidos a lo largo de una curva cerrada que rodea a cada flujo de reacción y que se propaga en dirección de cada flujo de reacción, siendo introducido el segundo elemento químico en la cámara en el flujo de gas periférico después de la zona de interacción de cada flujo de reacción, y/o
- 40 - comprende además como etapa la introducción en la cámara de reacción, antes de la zona de interacción de cada flujo de reacción, un flujo de gas de confinamiento que rodea a cada flujo de reacción y que se propaga según la dirección de flujo, siendo introducido el segundo elemento químico en la cámara en el flujo de gas de confinamiento antes de la zona de interacción de cada flujo de reacción.
- 45 Por tanto, al prescindir de agente oxidante dispuesto para oxidar el primer elemento químico, se pueden obtener partículas cuyo núcleo comprende el primer elemento no oxidado. La capa de segundo elemento protege el núcleo de la oxidación, y permite:
- conservar el primer elemento en estado no oxidado, lo que deja una mayor capacidad de elección para las utiliza-

ciones posibles de las partículas fabricadas: ya sea conservar el primer elemento del núcleo no oxidado para nuevas utilidades de partículas no oxidadas, ya sea para retirar la capa de segundo elemento (por ejemplo, por recocido en atmósfera controlada de partículas de silicio no oxidadas revestidas con una capa de carbono, suministrando partículas de silicio (oxidadas o no) sin capa de carbono y liberando CO₂) para permitir una utilización del primer elemento en forma pura destinada a otras utilidades más clásicas, y

- 5 - evitar efectos de autoinflamación del núcleo (por ejemplo, silicio no oxidado) por el oxígeno ambiental.

Por tanto, este procedimiento según la invención permite a un usuario, por ejemplo, fabricar partículas submicrónicas de silicio no oxidado revestidas cada una con una capa de carbono protectora que evita cualquier oxidación del núcleo de silicio de cada una de las partículas.

- 10 Para una relación menor (por ejemplo, un átomo del segundo elemento de carbono introducido en un flujo de reacción por unidad de tiempo para un átomo del primer elemento de silicio introducido por unidad de tiempo en este flujo de reacción), la reacción sería diferente (por ejemplo, con obtención de partículas de carburo de silicio).

El segundo elemento químico introducido en la cámara en un flujo de gas rodea a cada flujo de reacción.

- 15 Este modo de realización mejora de forma significativa la homogeneidad de reparto y el grosor de la capa de segundo elemento sobre cada núcleo de partícula. En efecto, se ha destacado que, en el caso de que el segundo elemento químico se introduzca en la cámara con el primer elemento químico en cada flujo de reacción, la homogeneidad de reparto y de grosor de la capa de segundo elemento sobre cada núcleo de partícula no es perfecta, sobre todo si en cada flujo de reacción se prescinde de agente dispuesto para oxidar el primer elemento químico.

- 20 El segundo elemento químico puede ser introducido en la cámara en un flujo de gas periférico que rodea a cada flujo de reacción, emitido a partir de varios puntos repartidos a lo largo de una curva cerrada que rodea a cada flujo de reacción y propagándose en dirección de flujo de reacción. El segundo elemento químico es introducido preferentemente en la cámara en el flujo de gas periférico después de la zona de interacción de cada flujo de reacción.

- 25 El procedimiento según la invención puede comprender además una etapa de introducción en la cámara de reacción, antes de la zona de interacción de cada flujo de reacción, de un flujo de gas de confinamiento que rodea a cada flujo de reacción y que se propaga según la dirección de flujo. El segundo elemento químico puede ser introducido en la cámara en el flujo de gas de confinamiento antes de una zona de interacción de cada flujo de reacción.

La introducción de al menos un flujo de reacción puede comprender una introducción de al menos una alineación de varios flujos de reacción separados unos de otros por el flujo de gas de confinamiento y que comprende cada uno el primer elemento químico y que se propaga cada uno según la dirección de flujo.

- 30 El haz de radiación se puede propagar a lo largo de una dirección de radiación, preferentemente perpendicular a la dirección de flujo, y los flujos de cada alineación de flujo de reacción pueden estar alineados a lo largo de una dirección de alineación perpendicular a la dirección de flujo y a la dirección de radiación.

- 35 El haz de radiación se puede propagar a lo largo de una dirección de radiación, preferentemente perpendicular a la radiación de flujo, y cada flujo de reacción puede poseer, en un plano perpendicular a la dirección de flujo, una sección que se extiende longitudinalmente a lo largo de una dirección de alargamiento perpendicular a la dirección de flujo y a la dirección de radiación.

El segundo elemento químico puede ser introducido en la cámara con el primer elemento químico en cada flujo de reacción antes de la zona de interacción de cada flujo de reacción.

El primer elemento químico es preferentemente silicio.

- 40 El primer elemento químico es introducido preferentemente en la cámara en forma de SiH₄.

Los núcleos de partículas pueden ser de silicio.

El segundo elemento es preferentemente carbono.

Según todavía otro aspecto de la invención, se proponen partículas que comprenden cada una:

- 45 - un núcleo que comprende (preferentemente que consiste únicamente en), como primer elemento químico silicio no oxidado, que tiene un diámetro comprendido entre 3 y 900 nm (preferentemente con una desviación típica entre 1 y 90 nm), y

- una capa que rodea al núcleo, que consiste únicamente en un segundo elemento químico de carbono y que tiene un grosor (no necesariamente homogéneo) de la capa de al menos 0,5 nm, preferentemente entre 0,5 y 10 nm.

Según incluso otro aspecto de la invención, se propone un dispositivo para producir partículas, que comprende:

- una fuente de reactivo que comprende el reactivo, comprendiendo este reactivo un primer elemento químico;
 - una cámara de reacción asociada a la fuente de reactivo;
 - un inyector de reactivo dispuesto para introducir, en la cámara y procedente de la fuente de reactivo, al menos un flujo de reacción que comprende que dicho reactivo y que se propaga según una dirección de flujo en una zona de flujo de reacción mediante flujo de reacción,
 - un emisor de un haz de radiación dispuesto para proyectar el haz de radiación a través de la cámara de reacción en intersección con cada zona de flujo de reacción en una zona de interacción mediante flujo de reacción,
 - una fuente de un segundo elemento químico, y
 - un inyector de segundo elemento dispuesto para introducir, en la cámara de reacción el segundo elemento químico a partir de la fuente del segundo elemento químico, de forma que este segundo elemento químico sea adecuado para interaccionar en la cámara con cada flujo de reacción,
- estando desprovisto el reactivo de agente que oxida el primer elemento químico, y siendo dispuestos conjuntamente el inyector de segundo elemento y el inyector de primer elemento para introducir un número de átomos del segundo elemento con respecto a un número de átomos del primer elemento según una relación de un átomo del segundo elemento para al menos dos átomos del primer elemento, siendo dispuesto el inyector de segundo elemento químico para introducir el segundo elemento químico en la cámara en un flujo de gas que rodea a cada flujo de reacción, caracterizado porque:
- el inyector de segundo elemento químico está dispuesto para introducir el segundo elemento químico en la cámara en un flujo de gas periférico que rodea a cada flujo de reacción, emitido a partir de varios puntos repartidos a lo largo de una curva cerrada que rodea a cada flujo de reacción y dispuestos para dirigir el flujo de gas periférico en dirección de cada flujo de reacción, siendo dispuesto el inyector de segundo elemento químico para introducir el segundo elemento químico en la cámara en el flujo de gas periférico después de la zona de interacción de cada flujo de reacción, y/o
 - comprende además un inyector de gas de confinamiento dispuesto para introducir en la cámara de reacción, antes de la zona de interacción de cada flujo de reacción, un flujo de gas de confinamiento que rodea a cada flujo de reacción y que se propaga según la dirección de flujo, y en que el inyector de segundo elemento químico comprende el inyector de gas de confinamiento.
- El inyector de segundo elemento químico puede estar dispuesto para introducir el segundo elemento químico en la cámara en un flujo de gas periférico que rodea a cada flujo de reacción, emitido a partir de varios puntos repartidos a lo largo de una curva cerrada que rodea a cada flujo de reacción y dispuestos para dirigir el flujo de gas periférico en la dirección de cada flujo de reacción. El inyector de segundo elemento químico puede estar dispuesto para introducir el segundo elemento químico en la cámara en el flujo de gas periférico después de la zona de interacción de cada flujo de reacción.
- El dispositivo según la invención puede comprender además un inyector de gas de confinamiento dispuesto para introducir en la cámara de reacción, antes de la zona de interacción de cada flujo de reacción, un flujo de gas de confinamiento que rodea a cada flujo de reacción y que se propaga según la dirección de flujo. El inyector de segundo elemento químico puede comprender el inyector de gas de confinamiento.
- El inyector de al menos un flujo de reacción puede estar dispuesto para introducir en la cámara al menos una alineación de varios flujos de reacción separados unos de otros por el flujo de gas de confinamiento y que comprende cada uno el primer elemento químico y se propaga cada uno según la dirección de flujo.
- El emisor puede estar dispuesto para que el haz de radiación se propague a lo largo de una dirección de radiación, preferentemente perpendicular a la dirección de flujo, y el inyector de al menos un flujo de reacción puede ser dispuesto para que los flujos de cada alineación de flujo de reacción estén alineados a lo largo de una dirección de alineación perpendicular a la dirección de flujo y a la dirección de radiación.
- El emisor puede estar dispuesto para que el haz de radiación se propague a lo largo de una dirección de radiación, preferentemente perpendicular a la dirección de flujo, y el inyector de al menos un flujo de reacción puede estar dispuesto para que cada flujo de reacción posea, en un plano perpendicular a la dirección de flujo, una sección que se extiende longitudinalmente a lo largo de una dirección de alargamiento perpendicular a la dirección de flujo y a la dirección de radiación.
- El inyector de segundo elemento químico puede estar dispuesto para introducir el segundo elemento en la cámara con el primer elemento químico en cada flujo de reacción antes de la zona de interacción de cada flujo de reacción.

Descripción de las figuras y modos de realización

Otras ventajas y particularidades de la invención se apreciarán mediante la lectura de la descripción detallada y de

formas de llevar a cabo y modos de realización que no son en absoluto limitativos, y de los dibujos anejos siguientes:

- 5 - la figura 1 es una vista esquemática en corte de sección transversal lateral de un flujo de reacción (de forma indiferente el flujo 1, 100, 101, 102, 103, 104, 105 o 106 según la variante considerada) en un dispositivo según la invención,
- la figura 2 es una vista esquemática de corte (indiferentemente a nivel del flujo 1, 101, 102 o 103 según la variante considerada) de sección transversal lateral un dispositivo según la invención,
- la figura 3 es una vista esquemática de un corte de sección transversal frontal de una alineación de flujo de reacción 101, 102, 103 en un dispositivo según la invención,
- 10 - la figura 4 es una vista esquemática de corte (de forma indiferente a nivel de los flujos 1, 100 o 101, 104 o 102, 105 o 103, 106 según la variante considerada) de sección transversal lateral de una variante de dispositivo según la invención,
- la figura 5 es una vista en perspectiva de un flujo de reacción 1 acompañado de otro flujo de reacción 100 opcional,
- 15 - la figura 6 es una vista en perspectiva de una primera alineación de flujo de reacción 101, 102, 103 acompañado de otra alineación de flujo de reacción 104, 105, 106 opcional,
- la figura 7 es una vista esquemática de un corte de sección transversal lateral de un flujo de reacción (de forma indiferente el flujo 1, 100, 101, 102, 103, 104, 105 o 106 según la variante considerada) y de un inyector 22 anular dispuesto para difundir un flujo de gas periférico 7,
- 20 - la figura 8 es una vista esquemática en perspectiva de un flujo de reacción (indiferentemente el flujo 1, 100, 101, 102, 103, 104, 105 o 106 según la variante considerada) y del inyector anular 22,
- la figura 9 es una vista esquemática en corte de sección transversal lateral de una partícula fabricada y,
- la figura 10 es una vista esquemática de corte de sección transversal lateral de otra partícula fabricada según la invención.

25 Como estos modos de realización no son en absoluto limitativos, se podrán considerar particularmente variantes de la invención que solo comprendan una selección de características descritas en lo que sigue, aisladas de otras características (incluso aunque esta selección esté aislada en el contexto de una frase que comprende estas otras características), si esta selección de características es suficiente para conferir una ventaja técnica o para diferenciar la invención con respecto al estado de la técnica anterior. Esta selección comprende al menos una característica, preferentemente funcional sin detalles estructurales, o solamente con una parte de los detalles estructurales si esta parte únicamente es suficiente para conferir una ventaja técnica o para diferenciar la invención con respecto al estado de la técnica anterior.

Seguidamente se va a describir, en referencia a las figuras 1 a 6, un primer modo de realización del dispositivo 9.

35 Este primer modo de realización del dispositivo 9 para producir mediante pirólisis láser partículas 10 comprende una fuente 4 de reactivo. El reactivo comprende preferentemente al menos un gas de reacción y/o al menos un líquido de reacción en forma de aerosol. El reactivo comprende un primer elemento químico. El primer elemento químico es preferentemente un metal (preferentemente entre hierro, aluminio o titanio) o un no metal (entre boro, silicio, germanio, arsénico, antimonio, telurio o polonio). Más precisamente, el primer elemento químico en el reactivo es preferentemente silicio, preferentemente en forma de SiH_4 . El reactivo es preferentemente gas de reacción (normalmente gas de SiH_4 o gas $\text{SiH}_4 + \text{C}_2\text{H}_2$ o $\text{SiH}_4 + \text{C}_2\text{H}_4$ o $\text{SiH}_4 + \text{CH}_4$).

40 El dispositivo 9 comprende además una cámara de reacción 8 (delimitada por paredes de acero inoxidable) asociada a la fuente 4 de reactivo.

La cámara de reacción 8 está rellena con una atmósfera de gas neutro (entre helio, argón, kriptón, xenón, nitrógeno o una mezcla), preferentemente argón o nitrógeno.

45 Un inyector 5 de reactivo está dispuesto para introducir, en la cámara 8 y procedente de la fuente 4 de reactivo, al menos un flujo de reacción 1, 100, 101, 102, 103, 104, 105 o 106, propagándose cada flujo de reacción según una dirección de flujo 11 igual para todos los flujos de reacción y en una zona 6 de flujo de reacción mediante flujo de reacción.

50 Un emisor 19 (normalmente una fuente LASER) de un haz de radiación 3 (normalmente un haz láser, preferentemente de aire entre 30 mm^2 y 3.000 mm^2 en un corte perpendicular a la dirección 12, de una anchura a lo largo de la dirección 13, 18, comprendida entre 2 y 5 cm, de longitud de onda comprendida entre 9 micrómetros y 11 micrómetros, preferentemente 10,6 micrómetros para SiH_4 y de potencia comprendida entre 50 y 5.000 vatios y de frecuencia comprendida entre 10.000 y 100.000 Hz) está dispuesto para proyectar el haz de radiación 3 a través de la cá-

mara de reacción 8 de forma que este haz 3 esté en intersección, en una zona de interacción 14 por la zona 6 de flujo de reacción, con cada zona 6 de flujo de reacción, de manera que se formen en cada flujo de reacción los núcleos de partículas 15 que comprenden el primer elemento químico.

5 Por tanto, cada flujo de reacción 1, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106 o la zona 6 de flujo de reacción se descompone en tres partes:

- una zona de interacción 14 con el haz 3,

- una zona situada delante (con respecto a la dirección de flujo 11) de su zona de interacción 14 y que comprende el reactivo como es introducido en la cámara 8, y

10 - una parte situada después (con respecto a la dirección de flujo 11) de su zona de interacción 14 y que comprende una llama 26 procedente de la interacción entre el reactivo y el haz 3 en su zona de interacción 14.

El haz 3 es formado por un sistema óptico para darle una sección rectangular focalizada (es decir, cuyo aire disminuye con el progreso del haz 3 según la dirección de la radiación 12), como se describe en los documentos FR 2.894.493 y FR 2.877.591.

15 El haz 3 entra en la cámara 8 a través de una ventanilla 23 de ZnSe y vuelve a salir de la cámara 8 a través de otra ventanilla 24 de ZnSe antes de ser detenido por calorímetro 25 no reflector ("beam stopper").

20 El dispositivo 9 comprende además una fuente de un segundo elemento químico. El segundo elemento químico es preferentemente carbono inyectado en forma de C_2H_2 o de C_2H_4 o de CH_4 gaseoso. Un inyector de segundo elemento está dispuesto para introducir, en la cámara de reacción 8, el segundo elemento químico a partir de la fuente de segundo elemento de forma que este segundo elemento químico sea adecuado para interaccionar en la cámara 8 con cada flujo de reacción 1, 100, 101, 102, 103, 104, 105 o 106 de manera que revista los núcleos de partículas 15 con una capa 16 que comprende el segundo elemento químico.

25 El reactivo en la fuente 4 es inyectado en la cámara 8 y desprovisto de agente oxidante dispuesto para oxidar el primer elemento químico. Se entiende por "agente dispuesto para oxidar el primer elemento químico" (también denominado "agente oxidante del primer elemento químico") cualquier átomo o molécula (por ejemplo N_2O) que, en el reactivo (por ejemplo un gas de SiH_4 , ocasionalmente mezclado con C_2H_2 o C_2H_4 o CH_4) posee un potencial de óxido-reducción que tiende a una oxidación del primer elemento químico (por ejemplo Si) a partir de la forma (por ejemplo, SiH_4) en la que es inyectado en la cámara 8. Preferentemente, el reactivo en la fuente 4 e inyectado en la cámara 8 está desprovisto de átomo de oxígeno.

30 El inyector (5, 21 y/o 22) del segundo elemento y el inyector 5 del primer elemento están dentro del dispositivo 9 dispuestos de forma conjunta (mediante su caudal y sus proporciones de diferentes gases ocasionalmente mezclados que an como SiH_4 para el inyector 5, argón o nitrógeno para el inyector 21 y C_2H_2 , C_2H_4 , CH_4 para el inyector 5 y/o 21 y/o 22) para introducir por unidad de tiempo (normalmente por minuto) un número de átomos del segundo elemento con respecto a un número de átomos del primer elemento según una relación de un átomo del segundo elemento (normalmente carbono) introducido (en la suma de los flujos de reacción 1, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106 de confinamiento 2 y, ocasionalmente, si existen flujos de periferia 7) por unidad de tiempo para al menos dos (preferentemente 3, de forma óptima al menos 5) átomos del primer elemento (normalmente silicio) introducidos (en el flujo 1) por unidad de tiempo.

40 Normalmente, el inyector (5, 21 y/o 22) del segundo elemento y el inyector 5 del primer elemento están en el interior del dispositivo 9 dispuestos de forma conjunta para introducir una relación de un átomo del segundo elemento (normalmente carbono) (en la suma de los flujos de reacción 1, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, de confinamiento 2 y ocasionalmente, si existen, de los flujos periféricos 7) por unidad de tiempo para dos (preferentemente tres, de forma óptima cinco) a 50 átomos del primer elemento (normalmente silicio) por unidad de tiempo (en el flujo 1).

45 El dispositivo 9 comprende además una fuente 20 de gas de confinamiento que comprende gas de confinamiento y un inyector 21 de gas de confinamiento dispuesto para introducir en la cámara de reacción 8, antes (con respecto a la dirección de flujo 11) de la zona de interacción 14 de cada flujo de reacción, un flujo de gas de confinamiento 2 (preferentemente común para todos los flujos de reacción) que rodea a cada flujo de reacción 1, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106 (más exactamente en contacto con cada uno de los flujos de reacción 1, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106 sobre todo el portador de cada flujo de reacción 1, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, al menos a partir de la inyección del reactivo en la cámara 8 hasta la zona de interacción 14 de cada flujo de reacción, estando definido este portador según una línea cerrada contenida en un plano perpendicular a la dirección de flujo 11) y que se propaga según la dirección de flujo 11.

El gas de confinamiento comprende un gas neutro (entre helio, argón, nitrógeno o una mezcla de estos, preferentemente argón o nitrógeno). El gas de confinamiento 2 posee dos funciones:

55 - por una parte, sirve para confinar cada flujo de reacción para evitar que los reactivos de cada flujo de reacción de difundan de forma radial, lo que supondría un riesgo de salir de las paredes interiores de la cámara 8,

- por otra parte, enfriar ("efecto de templado") cada llama 26 de flujo de reacción creada después (con respecto a la dirección de flujo 11) de la interacción del haz 3, respectivamente, con cada flujo de reacción 1, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106.

5 El emisor 19 está dispuesto para que el haz de radiación 3 se propague a lo largo de una dirección de radiación 12 perpendicular a la dirección de flujo 11.

El inyector 5 de al menos un flujo de reacción 1, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106 está dispuesto para que cada flujo de reacción 1, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106 posea, en un plano perpendicular a la dirección de flujo 11, una sección que se extiende longitudinalmente a lo largo de una dirección de alargamiento 13 perpendicular a la dirección de flujo 11 y a la dirección de radiación 12.

10 En una primera variante del primer modo de realización del dispositivo 9, que puede corresponder a una vista en corte de la figura 2, el inyector 5 de reactivo está dispuesto para introducir en la cámara 8, y procedente de la fuente 4 de reactivo, un único flujo de reacción 1 que se propaga según la dirección de flujo 11 en la zona 6 de flujo de reacción. La sección del inyector 5 es normalmente de forma oval de 4 mm de profundidad a lo largo de la dirección 12 y de 2 cm de ancho a lo largo de la dirección 13.

15 En una segunda variante del primer modo de realización del dispositivo 9, que puede corresponder a una vista en corte de sección transversal de la figura 2 y de la vista en corte lateral de la figura 3, el inyector 5 de al menos un flujo de reacción está dispuesto para introducir en la cámara 8 y procedente de la fuente 4 de reactivo, una alineación de varios flujos de reacción 101, 102, 103 separados unos de otros por el flujo de gas de confinamiento 2 y que comprende cada uno el primer elemento químico y que se propaga cada uno según la dirección de flujo 11.

20 Cada flujo 101, 102 o 103 se propaga según la dirección de flujo 11 en una zona 6 de flujo de reacción que le corresponde.

El inyector 5 de al menos un flujo de reacción 101, 102, 103 está dispuesto para que, en el interior de la alineación de flujo 101, 102, 103, los diferentes flujos de reacción 101, 102, 103 estén alineados a lo largo de una dirección de alineación 18 perpendicular a la dirección de flujo 11 y a la dirección de radiación 12.

25 Como se ilustra en la figura 3, el inyector 5 se subdivide en varias boquillas de inyección 201, 202, 203 (una boquilla mediante flujo de reacción). Cada boquilla tiene una sección que es normalmente de forma oval de 3 mm de profundidad a lo largo de la dirección 12 y de 4 mm de ancho a lo largo de la dirección 13, 18. El número del flujo de reacción 101, 102, 103 y de las boquillas 201, 202, 203 no está en absoluto limitado a tres, podría tener muchos más, dependiendo este número de la longitud de la función láser que puede ser de 2 a 5 cm o incluso más.

30 En una tercera variante del primer modo de realización del dispositivo 9, que puede corresponder a la vista en corte transversal de la figura 4 y a la vista en perspectiva de la figura 5, el inyector 5 de al menos un flujo de reacción está dispuesto para introducir en la cámara 8 varios flujos de reacción 1, 100, separados unos de otros por el flujo de gas de confinamiento 2 y que comprenden cada uno el primer elemento químico y que se propaga cada uno según la dirección de flujo 11.

35 El inyector 5 de reactivo está dispuesto para introducir, en la cámara 8 y procedente de la fuente 4 de reactivo, varios flujos de reacción 1, 100, propagándose cada flujo 1, 100 según la dirección de flujo 11 en una zona 6 de flujo de reacción que le corresponde. Estos flujos 1, 100 están separados según la dirección de radiación 12.

40 Las pérdidas por absorción del haz 3 por el flujo de reacción 1 son compensadas por la focalización (o "convergencia") del haz 3, de forma que la densidad de potencia incidente del haz 3 sobre cada flujo 1 o 100 es igual para todos los flujos 1, 100, como se describe en el documento FR 2.877.591.

Esta variante permite aumentar la tasa de producción. Se pueden tener dos flujos 1, 100, uno a continuación del otro, como se ilustra en la figura 5, o tener 3, 4 o incluso más unos a continuación de los otros, dispuestos de forma consecutiva con un único haz láser 3.

45 En una cuarta variante del primer modo de realización del dispositivo 9, que puede corresponder a una vista de corte de sección transversal de la figura 4 y la vista en perspectiva de la figura 6, el inyector 5 de al menos un flujo de reacción está dispuesto para introducir en la cámara 8 procedente de la fuente 4 de reactivo, varias alineaciones de flujo de reacción separadas unas de otras por el flujo de gas de confinamiento 2 y que comprende cada una el primer elemento químico y que se propaga cada una según la dirección de flujo 11.

50 En la figura 6 se observa una primera alineación de flujo 101, 102, 103 y una segunda alineación de flujo 104, 105, 106.

Cada flujo 101, 102, 103, 104, 105, 106 se propaga según la dirección de flujo 11 en una zona 6 de flujo de reacción que le corresponde.

El inyector 5 de al menos un flujo de reacción está dispuesto para que los flujos, respectivamente 101, 102, 103 o

104, 104 y 105 (o más precisamente su sección en un plano perpendicular a la dirección de flujo 11) en el interior de cada alineación estén alineados a lo largo de una dirección de alineación 18 perpendicular a la dirección de flujo 11 y a la dirección de radiación 12.

Las alineaciones de flujos están separadas entre ellas según la dirección de radiación 12.

- 5 Las diferentes alineaciones de flujos son paralelas entre ellas según la misma dirección 18.

El inyector 5 se subdivide en varias boquillas de inyección (una boquilla mediante flujo de reacción). Cada boquilla tiene una sección que es normalmente de forma oval de 3 mm de profundidad a lo largo de la dirección 12 y de 4 mm de ancho a lo largo de la dirección 13, 18.

- 10 Las pérdidas por absorción de haz 3 por la primera alineación de flujo 101, 102, 103 son compensadas por la focalización (o "convergencia") del haz 3 de forma que la densidad de potencia incidente del haz 3 sobre cada alineación de flujo 101, 102, 103 o 104, 105, 106 es igual para todos los flujos 101, 102, 103, 104, 105 o 106 según el principio descrito en el documento FR 2.877.591.

- 15 En referencia a las figuras 1 a 6, en el primer modo de realización, el dispositivo 9 (cualquiera que sea su variante considerada entre sus cuatro variantes anteriormente descritas), el inyector de segundo elemento químico está dispuesto para introducir el segundo elemento en la cámara 8 con el primer elemento químico en cada flujo de reacción 1, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106 antes (con respecto a la dirección de flujo 11) de la zona de interacción 14 de cada flujo de reacción.

El inyector de segundo elemento químico comprende el inyector 5 de reactivo. Más exactamente, el inyector de segundo elemento químico y el inyector 5 de reactivo son coincidentes.

- 20 En referencia a las figuras 1 a 6, un segundo modo de realización del dispositivo 9 según la invención es estrictamente igual al primer modo de realización del dispositivo 9 anteriormente descrito (cualquiera que sea su variante considerada entre sus cuatro variantes anteriormente descritas, dejando a un lado el hecho de que el inyector de segundo elemento químico está dispuesto para introducir el segundo elemento químico en la cámara 8 en un flujo de gas 2 que rodea a cada flujo de reacción 1, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106.

- 25 Más exactamente, el inyector de segundo elemento químico está dispuesto para introducir el segundo elemento químico en la cámara 8 en el flujo de gas de confinamiento 2 antes (con respecto a la dirección de flujo 11) de la zona de interacción 14 de cada flujo de reacción.

El inyector de segundo elemento químico comprende el inyector 21 de gas de confinamiento. Más exactamente, el inyector de segundo elemento químico y el inyector 21 de gas de confinamiento son coincidentes.

- 30 Este segundo modo de realización se lleva a cabo preferentemente en la segunda o la cuarta variante (que comprende una o varias alineación(es) de flujo 101, 102, 103 y 104, 105, 106 de las figuras 3 y 6) ya que esto permite maximizar el aire de interacción entre el gas de confinamiento 2 que comprende el segundo elemento químico y cada flujo de reacción que comprende el primer elemento químico.

- 35 En referencia a las figuras 2 a 8, un tercer modo de realización del dispositivo 9 según la invención es estrictamente igual al primer modo de realización del dispositivo 9 anteriormente descrito (cualquiera que sea la variante considerada entre sus cuatro variantes anteriormente descritas), dejando a un lado el hecho de que el inyector de segundo elemento químico está dispuesto para introducir el segundo elemento químico en la cámara 8 en un flujo de gas 7 que rodea a cada flujo de reacción 1, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106.

El inyector de segundo elemento químico comprende un inyector 22 (preferentemente de forma anular):

- 40 - mediante flujo de reacción 1, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, o
- rodeando en común de forma global a todos los flujos de reacción.

- 45 Para cada flujo de reacción considerado 1, 100, 101, 102, 103, 104, 105 o 106, el inyector de segundo elemento químico está dispuesto para introducir el segundo elemento químico en la cámara 8 en un flujo de gas periférico 7 que rodea a este flujo de reacción 1, 100, 101, 102, 103, 104, 105 o 106 y emitido a partir de varios puntos 17 repartidos a lo largo de una curva cerrada (de forma normalmente anular del inyector 22) que rodea este flujo de reacción y dispuestos para dirigir los flujos de gas periféricos 7 en dirección de este flujo de reacción.

- 50 Para cada flujo de reacción considerado 1, 100, 101, 102, 103, 104, 105 o 106, el inyector de segundo elemento químico está dispuesto para introducir el segundo elemento químico en la cámara 8 en el flujo de gas periférico 7 después (con respecto a la dirección de flujo 11) de la zona de interacción 14 de este flujo de reacción. Esto es particularmente interesante, ya que permite tener un buen control (ajustando la potencia del haz 3) y una buena homogeneidad de fabricación de los núcleos 15 de partículas 10. La fabricación de capas 16 sobre los núcleos 15 de partículas no toma directamente energía del haz 3 y no perturba por ello el control que se tiene sobre la fabricación de los núcleos 15. En efecto, la fabricación de las capas 16 sobre los núcleos 15 de partículas utiliza la energía de la

llama 26 después de la zona de interacción 14.

Este tercer modo de realización del dispositivo 9 comprende medios para desplazar (no representados, que comprenden, por ejemplo, una placa de microdesplazamiento), cada inyector 22 a lo largo de la dirección de flujo 11 de manera que se optimice la capa 16 fabricada para las partículas 10.

- 5 Debe entenderse que las diferentes variantes y los diferentes modos de realización del dispositivo que se acaban de describir pueden ser combinados entre ellos, y el inyector de segundo elemento químico puede comprender por tanto:

- el inyector 5 de flujo de reacción, y/o (preferentemente y)

- al menos uno (ocasionalmente los dos) entre:

- 10 ○ el inyector 21 de gas de confinamiento, y/o

○ un inyector 22 de gas periférico 7 mediante flujo de reacción o un inyector común 22 de gas periférico 7 que rodea de forma global a todos los flujos de reacción.

Seguidamente se describe un procedimiento para llevar a cabo uno cualquiera de los modos de realización del dispositivo 9 que se acaban de describir.

- 15 Este procedimiento para producir, por pirólisis láser, partículas 10, comprende las etapas siguientes:

- introducir en la cámara de reacción 8, por el inyector 5 y procedente de la fuente 4, al menos un flujo de reacción 1, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106 que comprende el primer elemento químico y que se propaga según la dirección de flujo 11; cada flujo de reacción comprende reactivo durante su introducción; el caudal normal de reactivo introducido en la cámara 8 es de aproximadamente 20 litros por minuto,

- 20 - introducir en la cámara de reacción 8, antes (con respecto a la dirección de flujo 11) de la zona de interacción 14 de cada flujo de reacción, el flujo de gas de confinamiento 2 que rodea a cada flujo de reacción 1, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106 y que se propaga según la dirección de flujo 11; el caudal típico de gas de confinamiento introducido en la cámara 8 es de aproximadamente 50 litros por minuto,

- 25 - proyectar, mediante el emisor 19, el haz de radiación 3 a través de la cámara de reacción 8 en intersección, en una zona de interacción 14 mediante flujo de reacción, con cada flujo de reacción 1, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106 para formar en cada flujo de reacción núcleos de partículas 15 que comprenden el primer elemento químico, y

- introducir en la cámara de reacción 8, el segundo elemento químico que interacciona con cada flujo de reacción 1, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106 para revestir los núcleos de partículas 15 con una capa 16 (adecuada para cada partícula 10 e independiente de la capa 16 de las otras partículas 10) que comprende el segundo elemento químico.

- 30 Como se observa con anterioridad, el reactivo de los flujos de reacción está desprovisto de agente que oxida el primer elemento químico. Por tanto, los núcleos 15 de partículas obtenidos mediante el procedimiento según la invención comprenden el primer elemento químico en forma no oxidada.

Los números de átomos introducidos por unidad de tiempo (normalmente por minuto) del segundo elemento con respecto al número de átomos introducidos del primer elemento es una relación de un átomo del segundo elemento introducido por unidad de tiempo (en la suma de los flujos de reacción 1, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, de confinamiento 2 y ocasionalmente, si existen, de los flujos periféricos 7) para al menos dos (preferentemente al menos 3, de forma óptima al menos 5) átomos del primer elemento por unidad de tiempo (en el flujo 1).

- 40 Los números de átomos introducidos por unidad de tiempo (normalmente por minuto) del segundo elemento con respecto al número de átomos introducidos del primer elemento es una relación de un átomo del segundo elemento introducido por unidad de tiempo (en la suma de los flujos de reacción 1, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, de confinamiento 2 y, ocasionalmente, si existen, de los flujos periféricos 7) para dos (preferentemente, tres, de forma óptima cinco) a cincuenta átomos del primer elemento por unidad de tiempo.

El haz de radiación 3 se propaga a lo largo de la dirección de radiación 12 perpendicular a la dirección de flujo 11.

- 45 Cada flujo de reacción posee, en un plano perpendicular a la dirección de flujo 11, una sección que se extiende longitudinalmente a lo largo de la dirección de alargamiento 13 perpendicular a la dirección de flujo 11 y a la dirección de radiación 12.

Las partículas 10 así fabricadas caen en el recuperador 27 en el que son enfriadas antes de ser dirigidas por gravedad y/o aspiración hacia una instalación que explota las partículas o hacia un contenedor para su almacenamiento.

- 50 En el procedimiento llevado a cabo en el primer modo de realización del dispositivo, el segundo elemento químico es introducido en la cámara 8 con el primer elemento químico en el reactivo en cada flujo de reacción 1, 100, 101, 102,

103, 104, 105, 106 antes (con respecto a la dirección de flujo 11) de la zona de reacción 14 de cada flujo de reacción.

En el procedimiento según la invención llevado a cabo en el segundo o tercer modo de realización del dispositivo según la invención, el segundo elemento químico es introducido en la cámara 8 en un flujo de gas 2 o 7 que rodea a cada flujo de reacción 1, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106 y en contacto con cada flujo de reacción 1, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106.

En el procedimiento según la invención llevado a cabo en el segundo modo de realización del dispositivo según la invención, el segundo elemento químico es introducido en la cámara 8 en el flujo de gas de confinamiento 2 antes (con respecto a la dirección de flujo 11) de la zona de interacción 14 de cada flujo de reacción.

Este modo de realización es particularmente interesante ya que, como se describió anteriormente en referencia a la figura 3 o 6, la introducción de al menos un flujo de reacción comprende una introducción de varios flujos de reacción alineados (alineación 101, 102, 103 y ocasionalmente además alineación 104, 105, 106) separados unos de otros por el flujo de gas de confinamiento 2 y que comprenden cada uno el primer elemento químico y que se propaga cada uno según la dirección de flujo 11. Es de destacar que en este caso, como se ilustra en la figura 3, el flujo de gas de confinamiento 2 es preferentemente común para todos los flujos de reacción y sin discontinuidad entre los diferentes flujos de reacción. Además, el haz de radiación 3 se propaga a lo largo de la dirección de radiación 12 perpendicular a la dirección de flujo 11 y los diferentes flujos de reacción 100, 101, 102, 103 o 104, 105, 106 en una alineación están alineados a lo largo de la dirección de alineación 18 perpendicular a la dirección de flujo 11 y a la dirección de radiación 12.

En el procedimiento según la invención llevado a cabo en el tercer modo de realización del dispositivo según la invención, el segundo elemento químico es introducido en la cámara 8 en un flujo de gas periférico 7 que rodea a cada flujo de reacción 1, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, emitidos a partir de varios puntos 17 repartidos a lo largo de una curva cerrada rodeando a cada flujo de reacción y que se propaga en dirección de los flujos de reacción. El segundo elemento químico es introducido en la cámara 8 en el flujo de gas periférico 7 después (con respecto a la dirección de flujo 11) de la zona de interacción 14 de cada flujo de reacción.

Naturalmente, se pueden concebir diferentes combinaciones de los procedimientos anteriormente descritos, en las que el segundo elemento químico es introducido en la cámara 8:

- el primer elemento químico en cada flujo de reacción 1, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, y/o (preferentemente y)
- en un flujo de gas 2 o 7 que rodea a cada flujo de reacción 1, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106 y en contacto con cada flujo de reacción 1, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, particularmente:
 - o en el flujo de gas de confinamiento 2, y/o
 - o en un flujo de gas periférico 7 mediante un flujo de reacción o en un flujo de gas periférico 7 común que rodea de forma global a todos los flujos de reacción.

Ejemplo 1

En este ejemplo, el primer elemento químico es silicio.

El primer elemento químico es introducido a temperatura ambiente (aproximadamente 20 °C) en la cámara 8 en forma de SiH_4 gaseoso a aproximadamente litros por minuto.

El reactivo de cada flujo de reacción es por tanto silano (SiH_4) gaseoso no mezclado con agentes oxidantes o átomos de oxígeno o moléculas que comprenden átomos de oxígeno, pero ocasionalmente mezclado con una fuente (C_2H_2 o C_2H_4 o CH_4 , preferentemente C_2H_2) del segundo elemento químico.

Los núcleos 15 de partículas 10 así obtenidos son de silicio no oxidado.

El gas de confinamiento 2 comprende argón gaseoso introducido en la cámara 8 a temperatura ambiente a 50 litros por minuto, ocasionalmente mezclado con una fuente (C_2H_2 o C_2H_4 o CH_4 , preferentemente C_2H_2) del segundo elemento químico.

El segundo elemento es carbono.

El segundo elemento es introducido a temperatura ambiente en la cámara en forma de acetileno (C_2H_2) gaseoso muy aproximadamente a 2 litros por minuto, ocasionalmente para mejorar los resultados está repartido simultáneamente en los flujos de reacción (1, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106) y de confinamiento 2, o de reacción (1, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106) y periférico 7 (por ejemplo, al menos 60% en el flujo 2 y/o 7 que rodea los flujos de reacción y el resto en los flujos de reacción).

El número de átomos introducido de carbono (que desempeña aquí la función de segundo elemento) con respecto al

número de átomos introducidos del primer elemento (silicio) es una relación de un átomo de carbono para 5 átomos de silicio (un mol de C_2H_2 para 10 moles de SiH_4).

La capa 16 de cada partícula así obtenida es de carbono.

Partículas obtenidas

- 5 Las partículas según el primer ejemplo se fabricaron con el primero, segundo y tercer modo de realización del dispositivo 9, solas o en combinación.

El tamaño de las partículas 10 obtenidas corresponde a un diámetro del núcleo comprendido entre 10 y 500 nm (con una gama tipo entre 2 y 60 nm) y un grosor de la capa 16 entre 1 y 5 nm. Las partículas no son de forma necesaria perfectamente esféricas. Mediante diámetro del núcleo se entiende la distancia asociada a los dos puntos más distantes del núcleo (por ejemplo, la longitud en el caso de un núcleo en forma de palillo).

- 10

Utilizando el primer modo de realización del dispositivo, para el que el segundo elemento químico es introducido en la cámara 8 con el primer elemento químico en cada flujo de reacción 1, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, es de destacar que la capa 16 no es perfectamente uniforme, como se ilustra en la figura 9.

- 15 Esto puede ser debido a que cada flujo de reacción está desprovisto de agente que oxida el primer elemento químico. El hecho de no utilizar agente oxidante es contradictorio, particularmente en el caso de una capa 16 de carbono, ya que los oxidantes son conocidos por deshidrogenar moléculas como C_2H_4 , C_6H_6 , etc. y, por tanto, ayudan a formar carbono sólido.

Son de destacar los mejores resultados del segundo o tercer modo de realización solo que del primer modo de realización solo.

- 20 La homogeneidad de la capa 16 puede ser netamente mejorada utilizando el segundo y/o tercer modo de realización del dispositivo según la invención, en el que el segundo elemento químico es introducido en la cámara 8 en un flujo de gas 2 o 7 que rodea a cada flujo de reacción 1, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106 y en contacto con cada flujo de reacción 1, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, más particularmente en el segundo modo de realización del dispositivo según la invención, para el cual el segundo elemento químico es introducido en la cámara 8 en el flujo de gas de confinamiento 2. La capa 16 es entonces bastante más homogénea como se ilustra en la figura 10.

- 25

Deben apreciarse todavía los mejores resultados del segundo y/o tercer modo de realización combinado(s) con el primer modo de realización que el segundo o tercer modo de realización solos.

Es de destacar que en los ejemplos y modos de realización anteriormente descritos el núcleo 15 no comprende el segundo elemento químico (en ninguna forma).

- 30 Es de destacar que en los ejemplos y modos de realización anteriormente descritos la capa 16 no comprende el primer elemento químico (en ninguna forma).

Es de destacar que en los ejemplos y modos de realización anteriormente descritos el núcleo 15 no comprende preferentemente el primer elemento químico en forma oxidada, pero comprende preferentemente este primer elemento químico únicamente en forma no oxidada.

- 35 Es de destacar que en los ejemplos y modos de realización anteriormente descritos no hay superficie interfacial entre el núcleo 15 y la capa 16 de cada partícula descrita. No obstante, es de destacar que, de manera general, la invención no es incompatible con la existencia de una superficie interfacial entre el núcleo 15 y la capa 16 de una misma partícula.

- 40 Naturalmente, la invención no está limitada a los ejemplos, modos de realización y variantes que se acaban de describir y se pueden dar numerosas disposiciones con estos ejemplos sin apartarse del alcance de la invención.

Naturalmente, las diferentes características, modos, variantes y modos de realización de la invención pueden estar asociados unos con otros según diversas combinaciones en la medida en que no sean incompatibles o exclusivos unos respecto a otros. En particular, todas las variantes y modos de realización anteriormente descritos son combinables entre ellos.

- 45

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para producir partículas (10), que comprende las etapas siguientes:

- Introducir en una cámara de reacción (8) al menos un flujo de reacción (1, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106) que comprende como primer elemento químico silicio y que se propaga según una dirección de flujo (11),

5 - Proyectar un haz de radiación (3) a través de la cámara de reacción (8) en intersección con cada flujo de reacción (1, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106) en una zona de interacción (14) mediante flujo de reacción, para formar en cada flujo de reacción núcleos de partículas (15) que comprenden el primer elemento químico, y

10 - Introducir, en la cámara de reacción (8), un segundo elemento químico que interacciona con cada flujo de reacción (1, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106) para revestir los núcleos de partículas (15) con una capa (16) que comprende el segundo elemento químico,

15 estando desprovisto cada flujo de reacción (1, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106) de agente que oxida el primer elemento químico, y comprendiendo los núcleos (15) el primer elemento químico en forma no oxidada, correspondiendo el número de átomos introducidos del segundo elemento con respecto al número de átomos introducidos del primer elemento a una relación de un átomo del segundo elemento introducido por unidad de tiempo para al menos dos átomos del primer elemento introducidos por unidad de tiempo, siendo introducido el segundo elemento en la cámara (8) en un flujo de gas (2, 7) que rodea a cada flujo de reacción (1, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106), caracterizado porque:

20 - el segundo elemento químico es introducido en la cámara (8) en un flujo de gas periférico (7) que rodea a cada flujo de reacción (1, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106), emitido a partir de varios puntos (17) repartidos a lo largo de una curva cerrada que rodea a cada flujo de reacción (1, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106) y que se propaga en dirección de cada flujo de reacción, siendo introducido el segundo elemento químico en la cámara (8) en el flujo de gas periférico (7) después de la zona de interacción (14) de cada flujo de reacción, y/o

25 - comprende además como etapa introducir en la cámara de reacción (8), antes de la zona de interacción (14) de cada flujo de reacción, un flujo de gas de confinamiento (2) que rodea a cada flujo de reacción (1, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106) y que se propaga según la dirección de flujo (11), siendo introducido el segundo elemento químico en la cámara (8) en el flujo de gas de confinamiento (2) antes de la zona de interacción (14) de cada flujo de reacción.

30 2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque el segundo elemento químico es introducido en la cámara (8) en el flujo de gas periférico (7) que rodea a cada flujo de reacción (1, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106), emitido a partir de varios puntos (17) repartidos a lo largo de la curva cerrada que rodea a cada flujo de reacción (1, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106) y que se propaga en dirección de cada flujo de reacción, siendo introducido el segundo elemento químico en la cámara (8) en el flujo de gas periférico (7) después de la zona de interacción (14) de cada flujo de reacción.

35 3. Procedimiento según las reivindicaciones 1 o 2, caracterizado porque comprende la etapa de introducir en la cámara de reacción (8), antes de la zona de interacción (14) de cada flujo de reacción, el flujo de gas de confinamiento (2) que rodea a cada flujo de reacción (1, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106) y que se propaga según la dirección de flujo (11), siendo introducido el segundo elemento químico en la cámara 8 en el flujo de gas de confinamiento (2) antes de la zona de interacción (14) de cada flujo de reacción.

40 4. Procedimiento según la reivindicación 3, caracterizado porque la introducción de al menos un flujo de reacción comprende una introducción de al menos una alineación de varios flujos de reacción (101, 102, 103, 104, 105, 106) separados unos de otros por el flujo de gas de confinamiento (2) y que comprende cada uno el primer elemento químico y que se propaga cada uno según la dirección de flujo (11).

45 5. Procedimiento según la reivindicación 4, caracterizado porque el haz de radiación (3) se propaga a lo largo de una dirección de radiación (12) perpendicular a la dirección de flujo (11) y porque los flujos de cada alineación de flujo de reacción (101, 102, 103, 104, 105, 106) están alineados a lo largo de una dirección de alineación (18) perpendicular a la dirección de flujo (11) y a la dirección de radiación (12).

50 6. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado porque el haz de radiación (3) se propaga a lo largo de una dirección de radiación (12) perpendicular a la dirección de flujo (11), y porque cada flujo de reacción (1, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106) posee, en un plano perpendicular a la dirección de flujo (11), una sección que se extiende longitudinalmente a lo largo de una dirección de alargamiento (13) perpendicular a la dirección de flujo (11) y a la dirección de la radiación (12).

7. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el segundo elemento químico es introducido en la cámara (8) con el primer elemento químico en cada flujo de reacción (1, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106) antes de la zona de interacción (14) de cada flujo de reacción.

8. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el primer elemento químico es introducido en la cámara (8) en forma de SiH_4 .
9. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque los núcleos (15) de partículas (10) son de silicio.
- 5 10. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el segundo elemento es carbono.
11. Partículas, que comprenden cada una:
- un núcleo (15) que comprende, como primer elemento químico silicio no oxidado, que tiene un diámetro comprendido entre 3 y 900 nm, y
- 10 - una capa (16) que rodea al núcleo, que consiste únicamente en un segundo elemento químico de carbono y que tiene un grosor de la capa de al menos 0,5 nm.
12. Dispositivo (9) para producir partículas (10), que comprende:
- una fuente de reactivo que comprende reactivo, comprendiendo este reactivo como primer elemento químico silicio;
 - una cámara de reacción (8) asociada a la fuente de reactivo;
- 15 - un inyector de reactivo dispuesto para introducir, en la cámara (8) y procedente de la fuente de reactivo, al menos un flujo de reacción (1, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106) que comprende dicho reactivo y que se propaga según una dirección de flujo (11) en una zona (6) de flujo de reacción mediante flujo de reacción,
- un emisor de un haz de radiación dispuesto para proyectar el haz de radiación (3) a través de la cámara de reacción (8) en intersección con cada zona (6) de flujo de reacción (1, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106) en una zona de interacción (14) mediante flujo de reacción,
- 20 - una fuente de un segundo elemento químico, y
- un inyector de segundo elemento dispuesto para introducir, en la cámara de reacción (8) el segundo elemento químico a partir de la fuente de segundo elemento, de forma que este segundo elemento químico sea adecuado para interaccionar en la cámara (8) con cada flujo de reacción (1, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106),
- 25 estando desprovisto el reactivo (1, 100, 101, 102, 103) agente que oxida el primer elemento químico, estando dispuestos el inyector de segundo elemento y el inyector de primer elemento de forma conjunta para introducir un número de átomos del segundo elemento con respecto a un número de átomos del primer elemento según una relación de un átomo del segundo elemento para al menos dos átomos del primer elemento, estando dispuesto el inyector de segundo elemento químico para introducir el segundo elemento químico en la cámara (8) en un flujo de gas
- 30 (2, 7) que rodea a cada flujo de reacción (1, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106), caracterizado porque:
- el inyector de segundo elemento químico está dispuesto para introducir el segundo elemento químico en la cámara (8) en un flujo de gas periférico (7) que rodea a cada flujo de reacción (1, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106), emitido a partir de varios puntos (17) repartidos a lo largo de una curva cerrada que rodea a cada flujo de reacción y dispuestos para dirigir el flujo de gas periférico en dirección de cada flujo de reacción, estando dispuesto el inyector de segundo elemento para introducir el segundo elemento químico en la cámara (8) en el flujo de gas periférico (7) después de la zona de interacción (14) de cada flujo de reacción, y/o
- 35 - comprende además un inyector de gas de confinamiento dispuesto para introducir en la cámara de reacción (8), antes de la zona de interacción (14) de cada flujo de reacción, un flujo de gas de confinamiento (2) que rodea a cada flujo de reacción (1, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106) y que se propaga según la dirección de flujo (11), y porque el inyector de segundo elemento químico comprende el inyector de gas de confinamiento.
- 40
13. Dispositivo según la reivindicación 12, caracterizado porque el inyector de segundo elemento químico está dispuesto para introducir el segundo elemento químico en la cámara (8) en el flujo de gas periférico (7) que rodea a cada flujo de reacción (1, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106), emitido a partir de varios puntos (17) repartidos a lo largo de una curva cerrada que rodea a cada flujo de reacción y dispuestos para dirigir el flujo de gas periférico en dirección de cada flujo de reacción, estando dispuesto el inyector de segundo elemento químico para introducir el segundo elemento químico en la cámara (8) en el flujo de gas periférico (7) después de la zona de interacción (14) de cada flujo de reacción.
- 45
14. Dispositivo según la reivindicación 12 o 13, caracterizado porque comprende el inyector de gas de confinamiento dispuesto para introducir en la cámara de reacción (8), antes de la zona de interacción (14) de cada flujo de reacción, el flujo de gas de confinamiento (2) que rodea a cada flujo de reacción (1, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106) y que se propaga según la dirección de flujo (11), y porque el inyector de segundo elemento químico comprende el inyector de gas de confinamiento.
- 50

15. Dispositivo según la reivindicación 14, caracterizado porque el inyector de al menos un flujo de reacción está dispuesto para introducir en la cámara al menos una alineación de varios flujos de reacción (101, 102, 103, 104, 105, 106) separados unos de otros por el flujo de gas de confinamiento (2) y comprendiendo cada uno el primer elemento químico y propagándose cada uno según la dirección de flujo (11).

5 16. Dispositivo según la reivindicación 15, caracterizado porque el emisor está dispuesto para que el haz de radiación (3) se propague a lo largo de una dirección de radiación (12) perpendicular a la dirección de flujo (11) y porque el inyector de al menos un flujo de reacción está dispuesto para que los flujos de cada alineación de flujo de reacción (101, 102, 103, 104, 105, 106) estén alineados a lo largo de una dirección de alineación (18) perpendicular a la dirección de flujo (11) y a la dirección de radiación (12).

10 17. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 12 a 16, caracterizado porque el emisor está dispuesto para el haz de radiación (3) se propague a lo largo de una dirección de radiación 12 perpendicular a la dirección de flujo (11), y porque el inyector de al menos un flujo de reacción está dispuesto para que cada flujo de reacción (1, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106) posea, en un plano perpendicular a la dirección de flujo (11), una sección que se extiende longitudinalmente a lo largo de una dirección de alargamiento (13) perpendicular a la dirección de flujo (11) y a la dirección de radiación (12).

15 18. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 12 a 17, caracterizado porque el inyector de segundo elemento químico está dispuesto para introducir el segundo elemento en la cámara (8) con el primer elemento químico en cada flujo de reacción (1, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106) antes de la zona de interacción (14) de cada flujo de reacción.

20

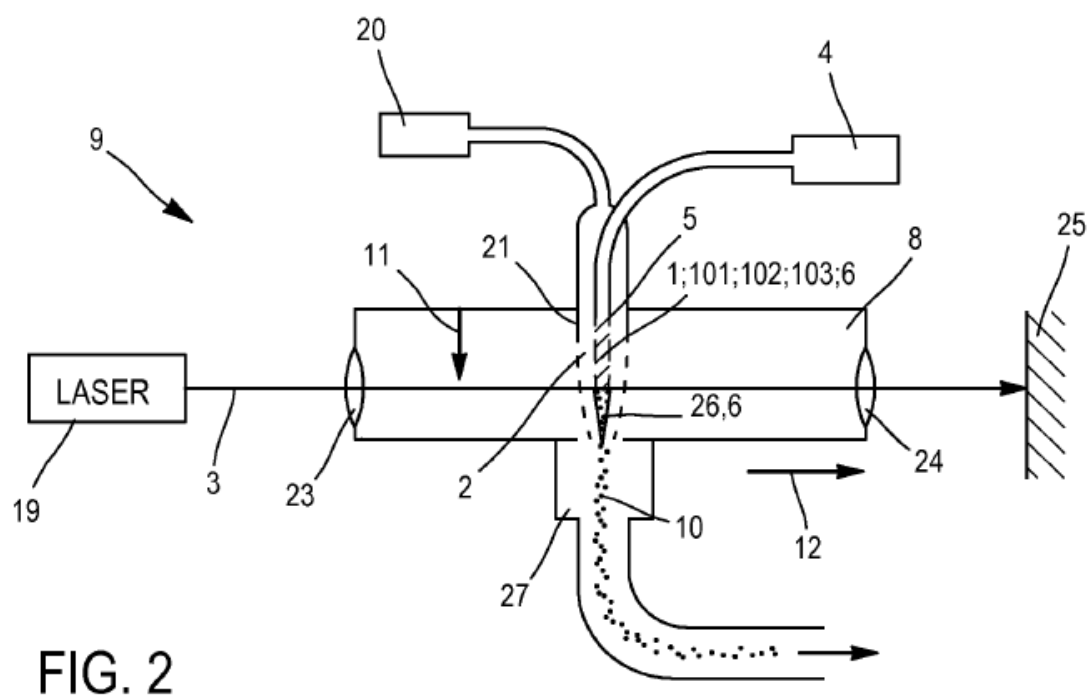
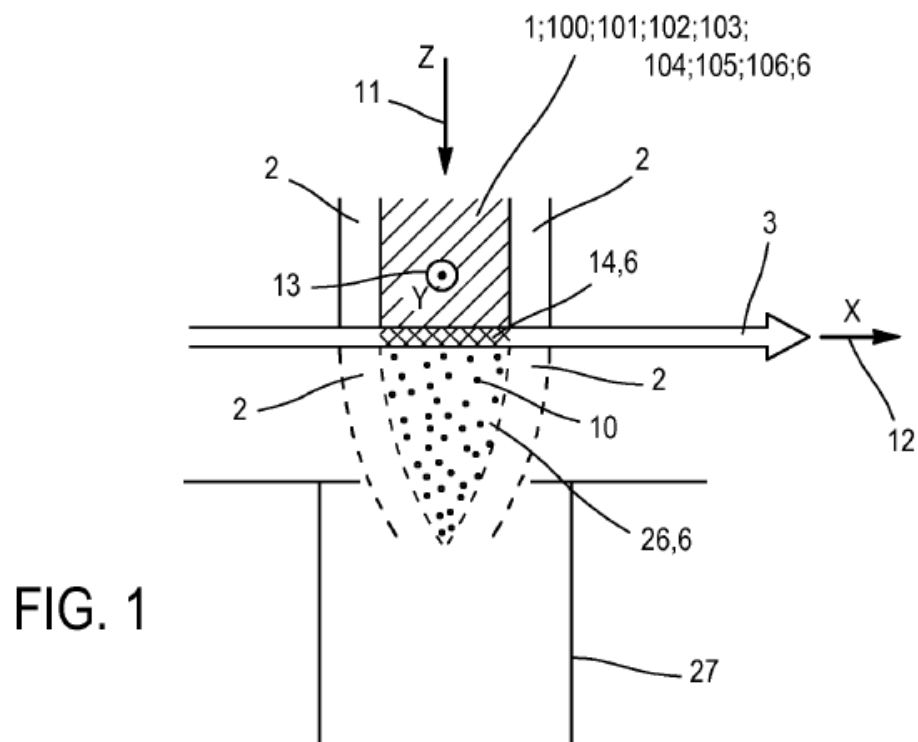


FIG. 3

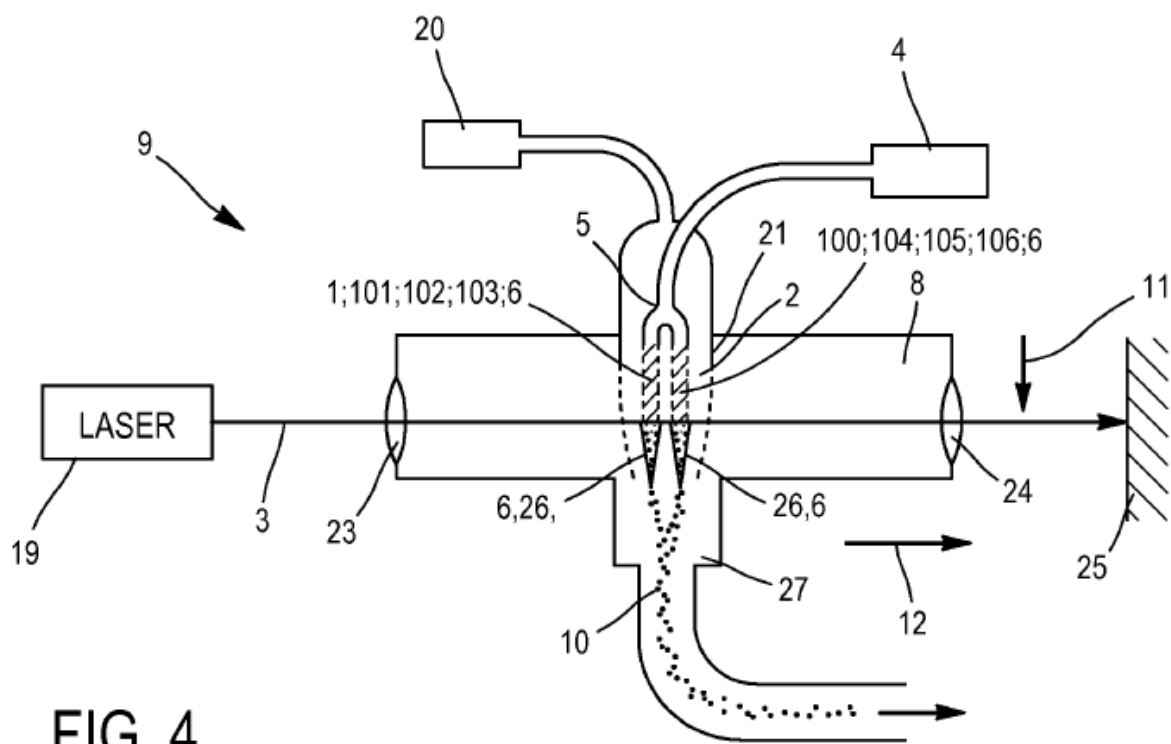
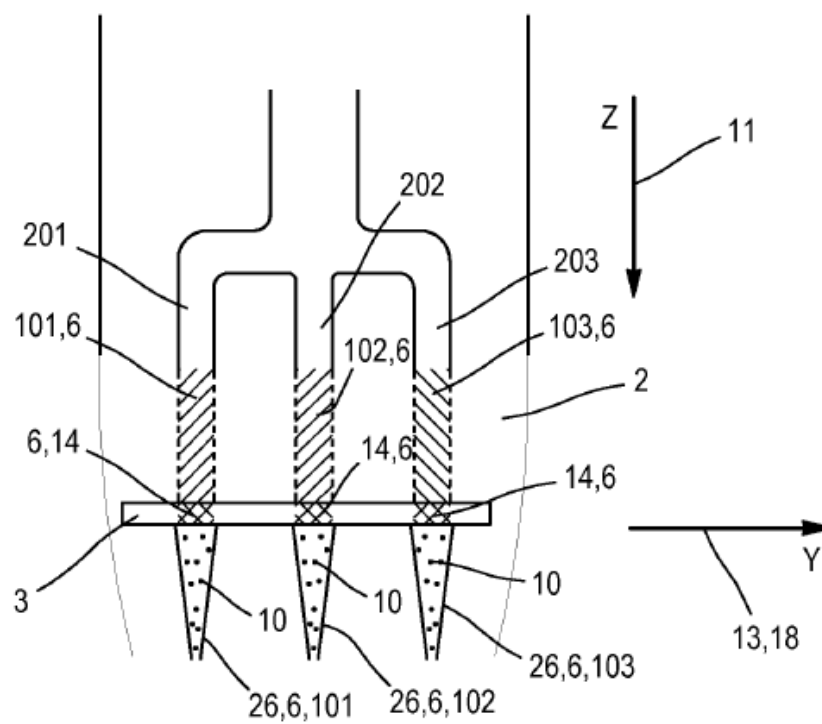


FIG. 4

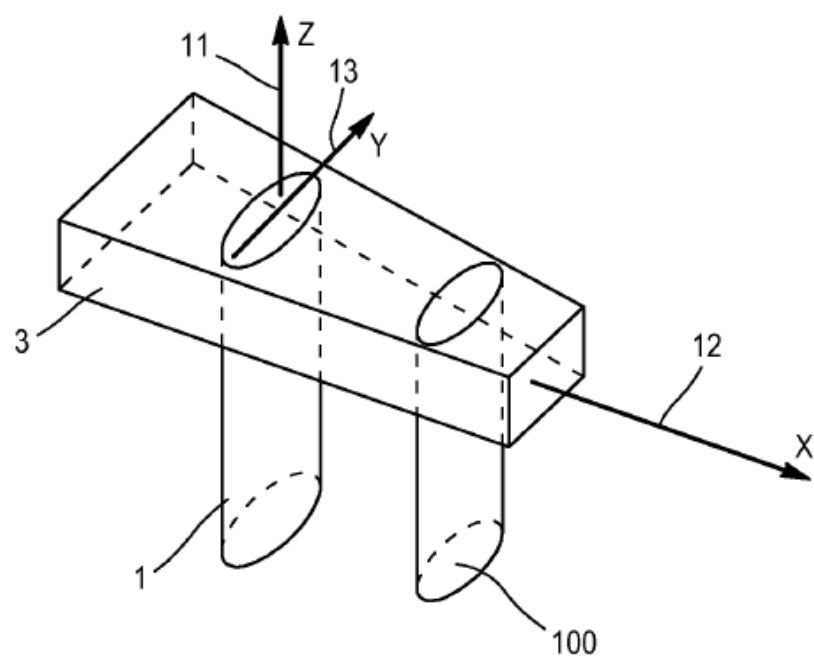


FIG. 5

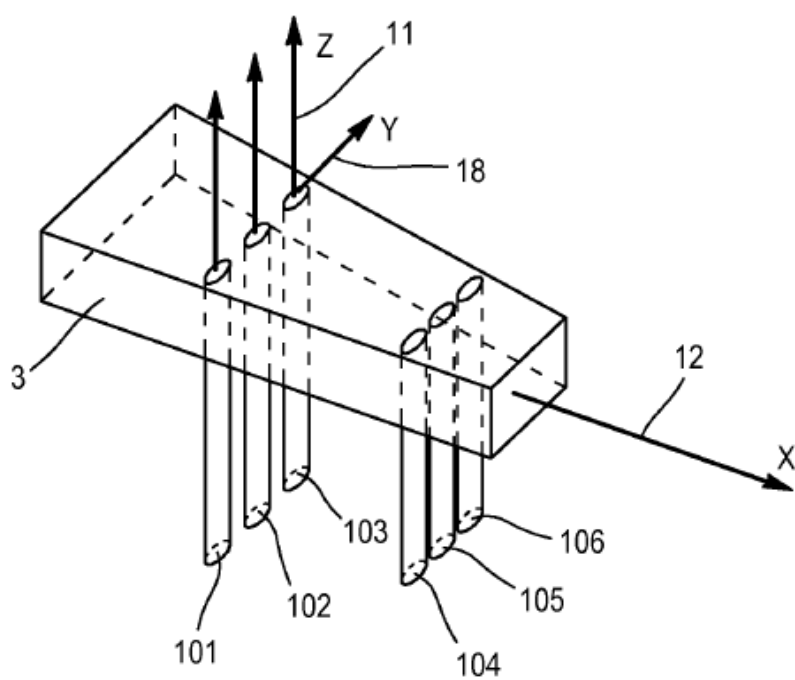


FIG. 6

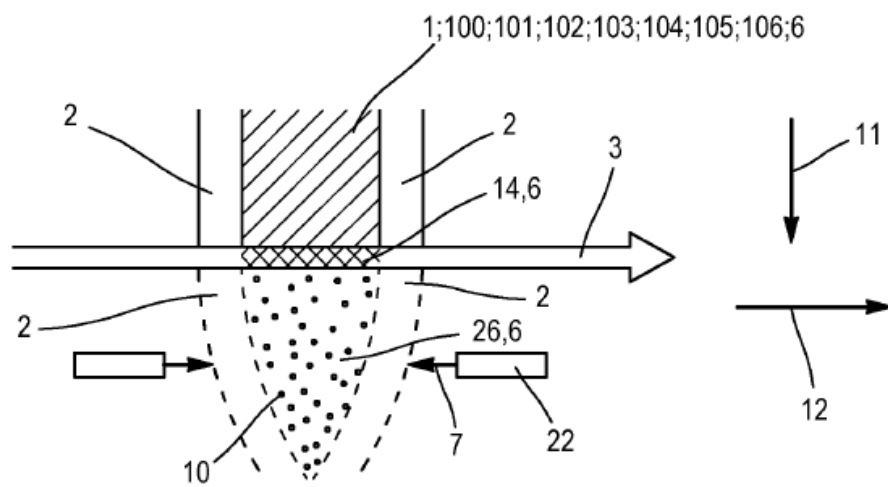


FIG. 7

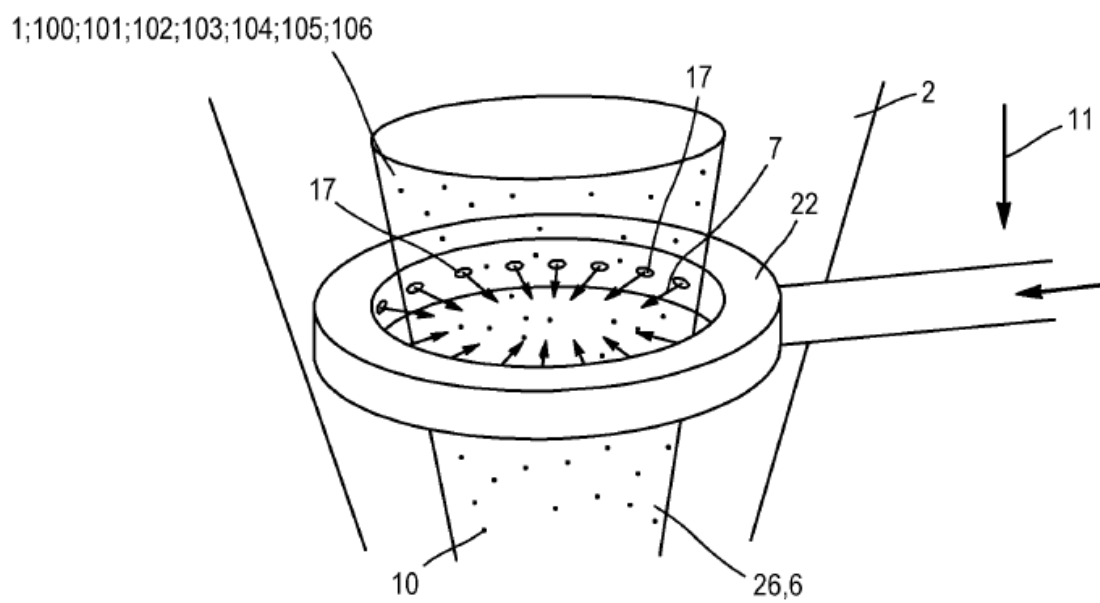


FIG. 8

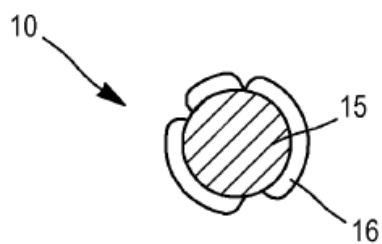


FIG. 9

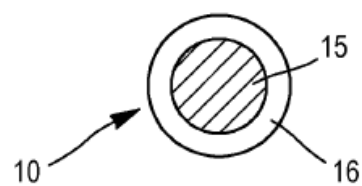


FIG. 10