

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 641 189**

51 Int. Cl.:

C01B 33/03 (2006.01)

B01J 8/00 (2006.01)

B01F 5/24 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.12.2014 PCT/EP2014/077323**

87 Fecha y número de publicación internacional: **16.07.2015 WO15104127**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.12.2014 E 14816191 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.08.2017 EP 3092197**

54 Título: **Procedimiento para la preparación de polisilicio granular**

30 Prioridad:

08.01.2014 DE 102014200080

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

08.11.2017

73 Titular/es:

**WACKER CHEMIE AG (100.0%)
Hanns-Seidel-Platz 4
81737 München, DE**

72 Inventor/es:

**HAUSWIRTH, RAINER y
ENGGRUBER, ROBERT**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 641 189 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 para la preparación de polisilicio granular

La invención se refiere a un procedimiento para evitar una segregación de partículas en la manipulación de polisilicio granular tras la preparación del polisilicio granular.

- 5 Silicio policristalino, denominado también a menudo brevemente polisilicio, se prepara, por ejemplo, mediante el proceso Siemens. En este caso, en un reactor en forma de campana ("reactor Siemens") se calientan varillas a modo de filamentos delgadas a base de silicio mediante un paso directo de corriente y se introduce un gas de reacción que contiene un componente con contenido en silicio e hidrógeno. En este caso, las varillas a modo de filamentos se introducen habitualmente de manera perpendicular en electrodos que se encuentran en el fondo del reactor, a través de los cuales tiene lugar la conexión al suministro de energía. En cada caso dos varillas a modo de filamentos están acopladas a través de un puente horizontal (asimismo de silicio) y forman un cuerpo de soporte para la precipitación de silicio. Mediante el acoplamiento a través del puente se genera la forma en U típica de los cuerpos de soporte, también mencionados varillas finas. En las varillas calentadas y en el puente se deposita polisilicio muy puro, con lo cual el diámetro de la varilla aumenta con el tiempo (CVD / deposición en fase gaseosa).
10 Después de finalizada la deposición, estas varillas de polisilicio se continúan elaborando habitualmente mediante tratamiento mecánico para formar fragmentos de clases de tamaño diferentes, se clasifican, eventualmente se someten a una purificación química en húmedo y finalmente se envasan.

- Una alternativa al proceso Siemens lo representan procedimientos en lecho fluido, en los que se prepara polisilicio granular. Esto sucede mediante fluidización de partículas de silicio mediante un flujo de gas en un lecho fluido, siendo éste calentado a temperaturas elevadas a través de un dispositivo calefactor. Mediante la adición de un gas de reacción con contenido en silicio tiene lugar una reacción de pirolisis en la superficie caliente de las partículas. En este caso, se deposita silicio elemental sobre las partículas de silicio, y las distintas partículas aumentan de diámetro. Mediante la retirada regular de partículas desarrolladas y la adición de pequeñas partículas de silicio como partículas de siembra, se puede hacer funcionar el procedimiento de forma continua con todas las ventajas ligadas a ello. Como gas educto con contenido en silicio se describen compuestos halogenados de silicio (p. ej., clorosilanos o bromosilanos), monosilano (SiH_4), así como mezclas de estos gases con hidrógeno.
20
25

- Mientras que el polisilicio en el proceso Siemens resulta como una varilla de silicio cilíndrica, la cual ha de ser desmenuzada en fragmentos y eventualmente purificada de forma que requiere mucho tiempo y costosa, el polisilicio granular posee propiedades de producto a granel y puede ser empleado directamente como material bruto p. ej., para la generación de monocristales para la industria fotovoltaica y electrónica.
30

En la preparación de polisilicio granular en un reactor en lecho fluido es necesario en el proceso en marcha dosificar al reactor material de silicio a intervalos regulares o de forma continua y retirar del reactor en otro lugar polisilicio granular desarrollado final.

- El documento US 2011024266 A1 da a conocer un procedimiento para el transporte de polisilicio granular mediante movimiento horizontal y/o vertical del dispositivo transportador, caracterizado porque el dispositivo transportador está blindado completamente hacia el exterior y el movimiento de avance del granulado es generado mediante un movimiento de bamboleo del dispositivo transportador mediante la excitación de al menos un imán permanente incorporado en el dispositivo transportador mediante un campo electromagnético, siendo aplicado el campo electromagnético desde el exterior al dispositivo blindado.
35

- El documento EP 2 662 334 A1 da a conocer un procedimiento para la preparación de polisilicio granular en un reactor de lecho fluido.
40

- El documento US 3369798 A da a conocer un dispositivo para la mezclado de materiales granulares secos que comprende un dispositivo de carga para la aportación dosificada de los materiales, estando dispuesto el dispositivo de carga por encima de al menos dos unidades mezcladoras dispuestas perpendicularmente una sobre otra y recorridas por los materiales bajo la fuerza de la gravedad.
45

Los documentos FR 448 704 A y US 2002/159329 A1 describen en cada caso dispositivos para la mezclado de sustancias granulares, basándose la mezclado en el uso de recipientes que están diseñados para el flujo del núcleo.

- El polisilicio granular debe ser manipulado en diferentes puntos del proceso de preparación. Primeramente, debe ser retirado del reactor. Para ello se adecúa el procedimiento arriba descrito. A continuación, debe ser eventualmente tamizado con el fin de separar en clases diferentes los tamaños de partículas. Para este fin, es transportado
50

mediante un contenedor de transporte a la instalación de tamizado. Finalmente, el granulado debe ser envasado. También para este fin es habitual transportar el granulado mediante un contenedor a la instalación de envasado. Alternativamente, el material objetivo puede ser recogido de la instalación de tamizado también en un recipiente estacionario. El recipiente está unido directamente con la instalación de envasado.

- 5 Tal como se ha mencionado precedentemente, el polisilicio granular tiene propiedades de producto a granel. Por lo tanto, al polisilicio granular se le pueden aplicar experiencias de la técnica general de producto a granel.

Un problema en la manipulación de productos a granel es la segregación de partículas.

- 10 La segregación según el tamaño de partícula resulta cuando durante el llenado de un recipiente (o bien de un contenedor o de un silo) se forma en el centro un cono de vertido. Durante el llenado, las partículas mayores ruedan en virtud de su mayor masa y, con ello, su mayor energía cinética a la periferia (dirección pared del recipiente), mientras que el material fino se acumula predominantemente en el centro. Una segregación de este tipo a través de la sección transversal conduce a que durante la salida deban expulsarse corrientes de producto sucesivamente con una distribución diferente del tamaño de partículas.

- 15 Si no se toman medidas frente a la segregación de las partículas, durante la producción de productos a granel de silicio, durante la cual el producto es almacenado en recipientes, se produce una carga de producción no homogénea en relación con el tamaño de las partículas.

Para muchas aplicaciones de semiconductores y fotovoltaicas se requiere, no obstante, un tamaño de partículas lo más homogéneo posible de la materia prima de silicio con el fin de garantizar procesos estables.

- 20 El producto a granel se almacena por lo general en contenedores o silos. Si producto a granel fluye de un silo, se diferencia entre flujo de la masa y flujo del núcleo.

- 25 En el caso del flujo de la masa, todo el contenido del silo está en movimiento cuando se retira producto a granel. El flujo de la masa sólo es posible cuando las paredes del embudo tengan la pendiente suficiente y/o sean lisas. Además, al mismo tiempo se ha de alcanzar el denominado flujo del émbolo, en el que todas las secciones transversales verticales del silo fluyen también con la misma velocidad. El método esencial para conseguir esto es un diseño adecuado del ángulo de inclinación del embudo. Sólo en el caso de un dimensionamiento óptimo, el cual es sin embargo extremadamente difícil, puede alcanzarse la retro-mezcladura deseada.

Una alternativa son embudos internos, los denominados Binserts. Son más pequeños que el embudo propiamente dicho y se disponen delante de éste. Sin embargo, su empleo está limitado y su diseño para el empleo en la segregación es difícil.

- 30 Si la pared del embudo es demasiada plana o demasiada áspera, se inicia un flujo del núcleo. En el caso del flujo del núcleo en principio sólo el material a granel se encuentra en movimiento en la zona por encima del orificio de salida. El producto a granel en la zona del borde del silo es expulsado sólo en el caso del vaciado completo del silo. Durante el vaciado se retira primeramente el producto a granel en el centro del silo - es decir, el material fino -, mientras que hacia el final del vaciado se expulsa predominantemente material tosco. Éste conduciría en el envasado posterior del producto a granel a diferentes calidades en las distintas unidades de envasado.

Por el contrario, en un silo de flujo de la masa, el producto a granel segregado durante el llenado fluye de nuevo al embudo, de modo que en el orificio de salida no se percibe la segregación. Silos de flujo de masa comprenden habitualmente embudos cónicos o cuneiformes.

- 40 Se propuso también actuar en contra de la segregación de las partículas moviendo el recipiente de mezcladura. No obstante, la gran complejidad técnica y el elevado desgaste de la pared son desventajosos. En particular, para polisilicio granular este enfoque no es útil, dado que el desgaste de la pared conduce a una contaminación indeseada del silicio muy puro. Además, mediante el movimiento del producto a granel puede producirse un efecto de desmenuzamiento posterior, en el que se forma, p. ej., polvo.

- 45 Mediante la modificación del proceso de llenado, se puede minimizar la segregación. Mediante el llenado a través de varios puntos de llenado se pueden evitar grandes conos de producto a granel. Con ello, se suaviza ciertamente algo la situación, pero no se evita por completo la segregación. El sistema de llenado complejo necesario representa, además, un riesgo de contaminación en el caso de la producción productos a granel de Si muy puros.

Otro posible enfoque de solución consiste en un auxiliar de evacuación tal como un cono interno controlable. El cono interno es montado en la parte inferior del recipiente. Con ello, se forma una rendija anular entre el cono y la pared

del recipiente, la cual aporta a la salida al mismo tiempo el material tosco procedente de la zona del borde y el material fino procedente del centro del recipiente, de modo que se produce una cierta retro-mezcladura.

5 Otra medida para influir sobre el proceso de vaciado son los denominados tubos de vaciado que están dotados de rendijas o agujeros. No obstante, sólo en el caso de un vaciado suficientemente lento es posible una retro-mezcladura.

La mayoría de las veces, en la producción de polisilicio granular se utilizan contenedores de transporte con los que el material es transportado de un proceso de acabado al siguiente.

10 El estado de la técnica no ofrece hasta la fecha soluciones que prometan un éxito sencillo con el fin de evitar la segregación de partículas durante la manipulación de polisilicio granular. Contenedores de transporte con flujo de masa no son prácticos, dado que debido al ángulo agudo necesario de la inclinación del embudo se requieren alturas constructivas muy grandes. Dado que el punto de gravedad se encuentra entonces muy arriba, existe el riesgo de vuelco.

A partir de esta problemática resultó el planteamiento del problema de la invención.

El problema de la invención se resuelve mediante un procedimiento con las características de la reivindicación 1.

15 La invención prevé que el producto a granel de Si sea trasvasado varias veces. Preferiblemente, es trasvasado al menos tres veces.

20 Los recipientes utilizados están diseñados en este caso al flujo del núcleo. Por ello se ha de entender que durante el vaciado se retira primero el polisilicio granular en el centro del recipiente - es decir, el material fino -, mientras que hacia el final del vaciado se expulsa predominantemente material tosco. Con ello, a diferencia de los contenedores de transporte con flujo de masa se evitan un desgaste de la pared y, por consiguiente, una contaminación del polisilicio granular.

Después de un determinado número de procesos de trasvase se manifiesta, sorprendentemente, sólo una muy pequeña segregación de partículas por encima de la carga de producción.

25 Otra reducción de la segregación de partículas se lleva a cabo mediante conos de llenado-distribución que son instalados a la entrada de los recipientes. Estructuras internas de este tipo están realizadas en este caso de forma muy poco contaminante, preferiblemente en silicio.

30 Sorprendentemente, se comprobó que ciertamente después del primer trasvase se presenta una fuerte segregación tal como se describe en el estado de la técnica. Si el producto a granel se trasvasa, sin embargo, varias veces, tiene lugar una retro-mezcladura, de modo que después de un número determinado de etapas de trasvase resulta una homogeneización de la distribución por tamaño de las partículas.

Resulta un polisilicio granular con una distribución homogénea por tamaño de las partículas a lo largo de toda la carga de producción, ascendiendo una desviación del valor mediano de los tamaños de partículas de una muestra al azar arbitraria de la carga como máximo a 30% del valor medio del tamaño de partículas de toda la carga.

35 En caso necesario, para una reducción adicional de la segregación de partículas, se incorporan en uno o varios recipientes conos de llenado-distribución. Estas estructuras internas están realizadas en este caso de forma muy poco contaminante, preferiblemente en silicio.

40 Se prefiere también el uso de estructuras internas alternativas tales como embudos de vaciado, tubo de vaciado y Binsert, con el fin de continuar minimizando la segregación mediante retro-mezcladura. Las estructuras internas están hechas de materiales poco contaminantes tales como silicio o están cubiertas o revestidas con estos materiales.

El número de los procesos de trasvase al que se ajusta una retro-mezcladura lo más homogénea posible de la carga depende de la distribución por tamaño de las partículas del producto a granel y del comportamiento de descarga del recipiente. El número óptimo de etapas de trasvase se determina empíricamente.

45 La determinación empírica de las etapas de trasvase tiene lugar óptimamente mediante una estructura de ensayo que se compone de dos contenedores de transporte dispuestos uno sobre otro. Los contenedores están unidos mediante una estación de vaciado o bien de llenado del recipiente y una tubería. En la tubería está instalada, además, una estación de toma de muestras que posibilita una toma de muestras representativa.

- Antes de la primera etapa de trasvase, el contenedor superior es cargado con un material de ensayo que presenta un tamaño de partículas homogéneo.
- Durante el proceso de trasvase se toman a intervalos regulares muestras para la determinación del tamaño de partículas. Con ayuda de los resultados de las mediciones de los tamaños de partículas se determina la segregación de partículas.
- 5 Los contenedores se cambian antes del siguiente ensayo: el contenedor lleno es conectado a la estación de vaciado y el contenedor vacío es conectado a la estación de llenado. Se recoge de nuevo la segregación de las partículas. Los ensayos se repiten hasta que se presente un tamaño de partículas lo más homogéneo posible por toda la carga.
- 10 En caso necesario, mediante la incorporación de un distribuidor cónico en los recipientes se continúa reduciendo la segregación. Con el fin de que el producto de Si muy puro no sea impurificado por estas estructuras internas, la invención resuelve este problema con un modo constructivo muy poco contaminante, preferiblemente a base de silicio. Mediante la incorporación de un distribuidor de este tipo, se reduce la configuración de un gran cono de vertido y, con ello, el potencial de segregación. Alternativamente, el cono del distribuidor puede estar formado por el propio producto, posibilitando sobre una plataforma por debajo de la pieza de conexión de entrada la configuración de un cono de vertido.
- 15
- Preferiblemente, también las partículas de silicio sobre las que se deposita silicio con el fin de producir polisilicio granular, son trasvasadas entre la generación de las partículas de silicio mediante molienda y una aportación de las partículas de silicio al reactor varias veces mediante recipientes que están diseñados para flujo del núcleo. También estas partículas de silicio, es decir, las partículas de siembra en el proceso de separación, presentan propiedades del producto a granel. Para el proceso de producción de polisilicio granular es ventajoso que las partículas de siembra presenten una distribución homogénea por tamaños de las partículas.
- 20
- Un procedimiento de este tipo para la producción de polisilicio granular en un reactor de lecho fluido, que comprende la fluidización de partículas de siembra de silicio mediante una corriente gaseosa en un lecho fluido, que es calentado mediante un dispositivo calefactor, siendo segregado silicio elemental en las superficies de las partículas de siembra calientes mediante la adición de un gas de reacción con contenido en silicio mediante pirolisis, con lo cual se forma el granulado de silicio policristalino, se puede hacer funcionar de manera continua evacuando del reactor mediante separación partículas aumentadas en diámetro y aportando dosificadamente partículas de siembra recientes.
- 25
- 30 La temperatura del lecho fluido en la zona de reacción asciende preferiblemente a 850°C hasta 1100°C, de manera particularmente preferida a 900°C hasta 1050°C, de manera muy particularmente preferida a 920°C hasta 970°C.
- Para la fluidización de las partículas de siembra se utiliza preferiblemente hidrógeno.
- El gas de reacción es inyectado en el lecho fluido a través de una o varias boquillas.
- Las velocidades del gas locales a la salida de las boquillas ascienden preferiblemente a 0,5 hasta 200 m/s.
- 35 La concentración del gas de reacción con contenido en silicio asciende, referido a toda la cantidad de gas que fluye a través del lecho fluido, preferiblemente a 10% en moles hasta 50% en moles, de manera particularmente preferida a 15% en moles hasta 40% en moles.
- La concentración del gas de reacción con contenido en silicio en las boquillas de gas de reacción asciende, referida a toda la cantidad de gas que fluye a través de las boquillas del gas de reacción, preferiblemente a 20% en moles hasta 80% en moles, de manera particularmente preferida a 30% en moles hasta 60% en moles. Como gas de reacción con contenido en silicio pasa a emplearse preferiblemente triclorosilano.
- 40
- La presión del reactor oscila en el intervalo de 0 a 7 bares de sobrepresión, preferiblemente en el intervalo de 0,5 a 4,5 bares de sobrepresión.
- 45 En el caso de un reactor con un diámetro de, p. ej., 400 mm, el caudal másico de triclorosilano asciende preferiblemente a 200 hasta 400 kg/h.
- El caudal en volumen de hidrógeno asciende preferiblemente a 100 hasta 300 Nm³/h.
- Para reactores mayores se prefieren cantidades mayores de TCS y H₂.

Para el experto en la materia resulta claro que algunos parámetros del proceso pueden elegirse de manera ideal en función del tamaño del reactor. También el rendimiento calorífico del reactor, la tasa de dosificación de partículas de siembra y el peso del lecho son en el caso de grandes reactores, p. ej., en el caso de un reactor con un diámetro de 800 mm, preferiblemente mayores que los valores precedentemente mencionados.

- 5 Con el fin de explicar esto de forma ilustrativa, se recopilan en lo que sigue los intervalos de los datos de trabajo normalizados a la superficie en sección transversal del reactor en los que el procedimiento descrito en el marco de esta invención posee validez.

El caudal másico específico en triclorosilano asciende preferiblemente a 1600-5500 kg/(h*m²).

El caudal en volumen de hidrógeno específico asciende preferiblemente a 800-4000 Nm³/(h*m²).

- 10 El peso del lecho específico asciende preferiblemente a 800-2000 kg/m².

La tasa de dosificación de partículas de siembra específica asciende preferiblemente a 8-25 kg/(h*m²).

El rendimiento calorífico específico del reactor asciende preferiblemente a 800-3000 kW/m².

El diámetro medio de las partículas de silicio (partículas de siembra) asciende preferiblemente al menos a 400 µm.

- 15 El polisilicio granular presenta preferiblemente tamaños de partículas de 150-10000 µm, ascendiendo un valor mediano referido a la masa de una distribución por tamaño de las partículas a 850-2000 µm.

El tiempo de permanencia del gas de reacción en el lecho fluido asciende preferiblemente a 0,1 hasta 10 s, de manera particularmente preferida a 0,2 a 5 s.

Descripción breve de las figuras

- 20 La **Fig. 1** muestra esquemáticamente los procesos de trasvase de la retirada del polisilicio granular del reactor hasta su envasado.

La **Fig. 2** muestra el tamaño de partículas del granulado en función de la cantidad de envasado antes del primer trasvase.

La **Fig. 3** muestra el tamaño de partículas del granulado en función de la cantidad de envasado después del primer trasvase.

- 25 La **Fig. 4** muestra el tamaño de partículas del granulado en función de la cantidad de envasado después del segundo trasvase.

La **Fig. 5** muestra el tamaño de partículas del granulado en función de la cantidad de envasado después del tercer trasvase.

Ejemplo

- 30 En el ejemplo se llevan a cabo tres procesos de trasvase.

La **Fig. 1** muestra que el granulado es retirado del reactor **10** y es cargado en un recipiente de tampón **11**. A continuación, se trasvasa a un contenedor de transporte **12** y se transporta a la instalación de tamizado **13**. Después, se trasvasa de nuevo a un recipiente de tampón **14** y finalmente se envasa **15**.

El trasvase del recipiente de tampón **11** al contenedor de transporte **12** corresponde al primer trasvase **1**.

- 35 El trasvase del contenedor de transporte en recipientes de tampón (a través de una instalación de tamizado) corresponde al segundo trasvase **2**.

El trasvase del recipiente tampón a la instalación de envasado corresponde al tercer trasvase **3**.

En las **Figs 2 - 5** se muestra la segregación de partículas al comienzo (primer recipiente de tampón después de la retirada del reactor, **Fig. 2**) y después de cada uno de los tres procesos de trasvase.

Para la representación de la segregación se utiliza el transcurso de los tamaños de partículas x10, x50 (valor mediano) y x90 en función de la cantidad retirada de producto a granel de Si.

Con ayuda de los resultados determinados, se representaron en la **Fig. 1** las capas de material tosco (con rayado grueso) y material fino (con rayado fino).

- 5 Después del primer trasvase **1** se presenta una intensa segregación de partículas, véase la **Fig. 3**. El transcurso del valor mediano (x50) comienza en 980 μm . Hasta una cantidad expulsada de 320 kg, el valor cae a 670 μm . Después, el valor aumenta hasta 1300 μm hasta aprox. 880 kg de las cantidades retiradas, antes de que caiga entonces a aprox. 720 μm con otros 60 kg.
- 10 Después del segundo trasvase **2** la segregación partículas ya es menos acusada, véase la **Fig. 4**. El valor mediano cae primero escasamente de 840 a 650 μm después de una cantidad retirada de aprox. 160 kg. En los 300 kg que entonces siguen, el valor mediano asciende de nuevo muy intensamente a más de 1100 μm . A partir de 460 kg, el valor mediano disminuye a aprox. 790 μm . En los restantes 150 kg, el valor mediano aumenta de nuevo a más de 920 μm .
- 15 Después del tercer trasvase **3**, se presenta una granulometría relativamente homogénea a lo largo de toda la carga, véase la **Fig. 5**. El valor mediano cae después de 100 kg sólo ligeramente de 820 a 740 μm , después, en los siguientes 220 kg, existe un aumento a aproximadamente 1000 μm . Hasta 500 kg, el valor desciende a 900 μm y aumenta a 700 kg por encima de 1100 μm . En la cantidad de Si restante, disminuye de nuevo y alcanza un valor de aprox. 700 μm .
- 20 Mediante el flujo del núcleo de los recipientes, en el que primeramente fluye el material en el centro del recipiente, la capa tosca superior sale del recipiente aproximadamente hacia la mitad del proceso de trasvase. Dado que las partículas toscas y finas se mezclan de nuevo, se produce aparentemente una retroalimentación parcial de la carga de producción.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento para evitar una segregación de partículas en la manipulación de polisilicio granular después de la producción del polisilicio granular en un reactor de lecho fluido, que comprende la fluidización de partículas de silicio mediante una corriente gaseosa en un lecho fluido que es calentado a través de un dispositivo calefactor a una temperatura de 850-1100°C, adición de un gas de reacción con contenido en silicio y separación de silicio de las partículas de silicio y retirada del polisilicio granular del reactor de lecho fluido y antes del envasado del polisilicio granular, siendo trasvasado el polisilicio granular varias veces mediante recipientes que están diseñados a flujo del núcleo.
- 10 2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que al menos una parte de los recipientes comprende conos de llenado-distribución que se componen de silicio o que están revestidos o recubiertos con silicio.
3. Procedimiento según la reivindicación 1 o según la reivindicación 2, en el que al menos una parte de los recipientes comprenden un embudo de vaciado, un tubo de vaciado o un Binsert que en cada caso se componen de silicio o están revestidos o recubiertos con silicio.
- 15 4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, en el que las partículas de silicio, sobre las que se deposita silicio, con el fin de producir polisilicio granular se generan mediante molienda de silicio y se clasifican mediante tamizado, siendo trasvasadas las partículas de silicio entre la generación de las partículas de silicio y una aportación de las partículas de silicio al reactor varias veces mediante recipientes que están diseñados a flujo del núcleo.

Fig. 1

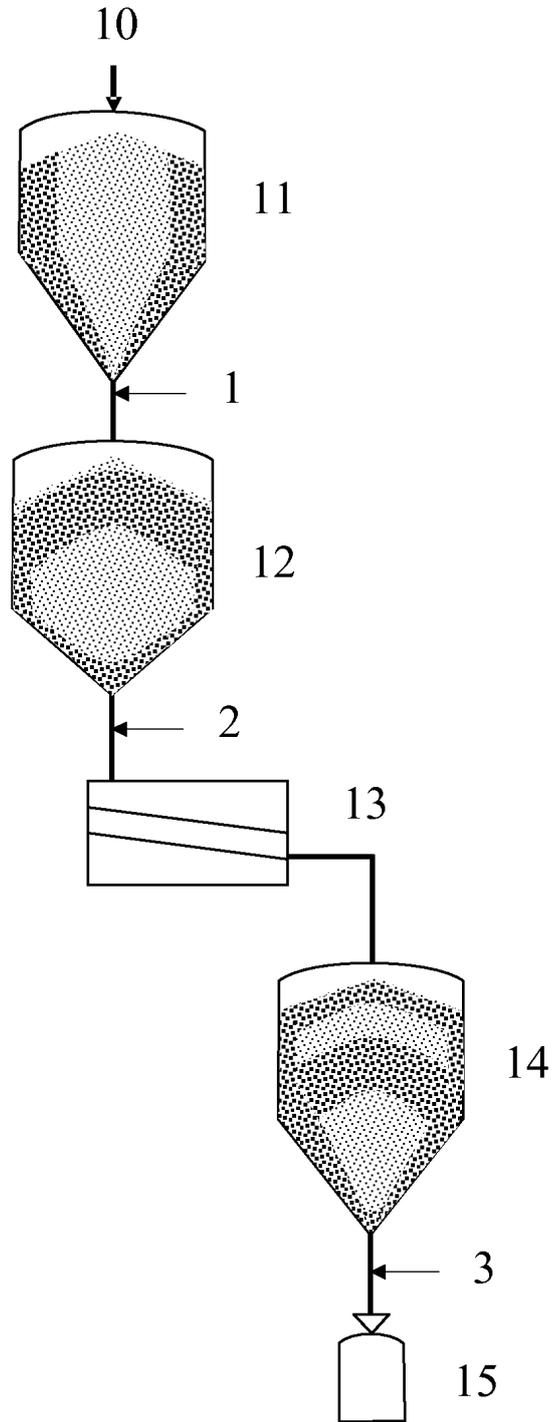


Fig. 2

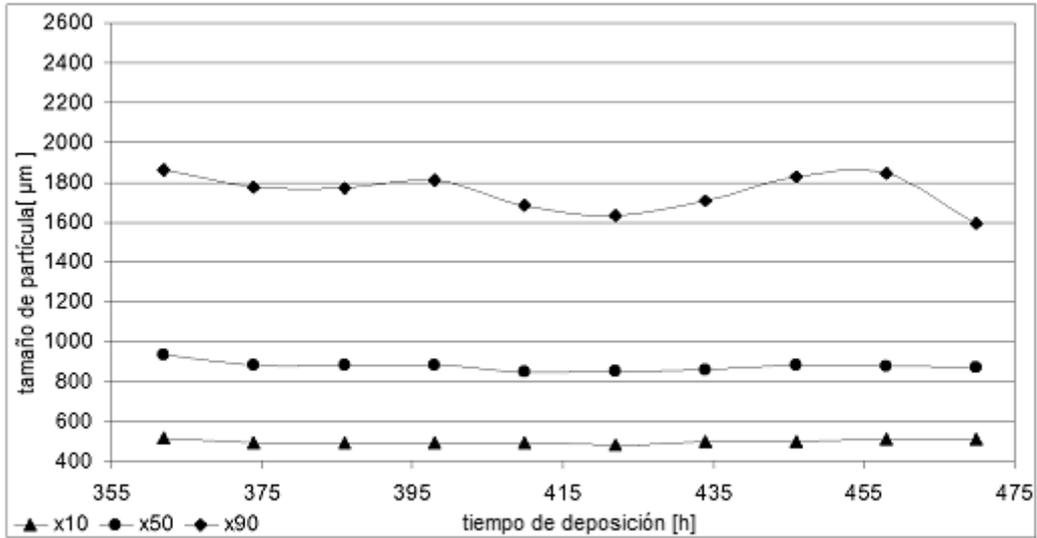


Fig. 3

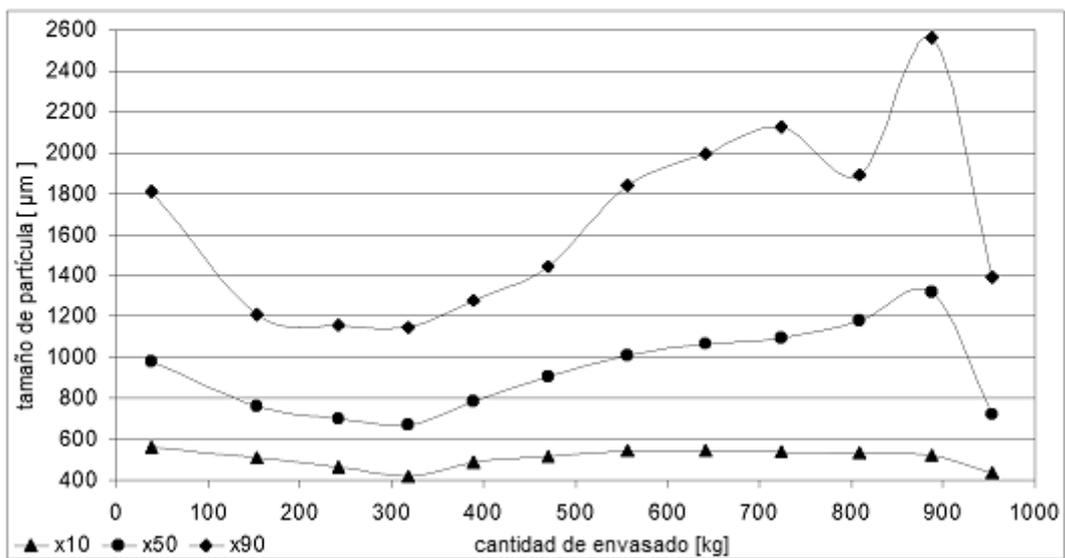


Fig. 4

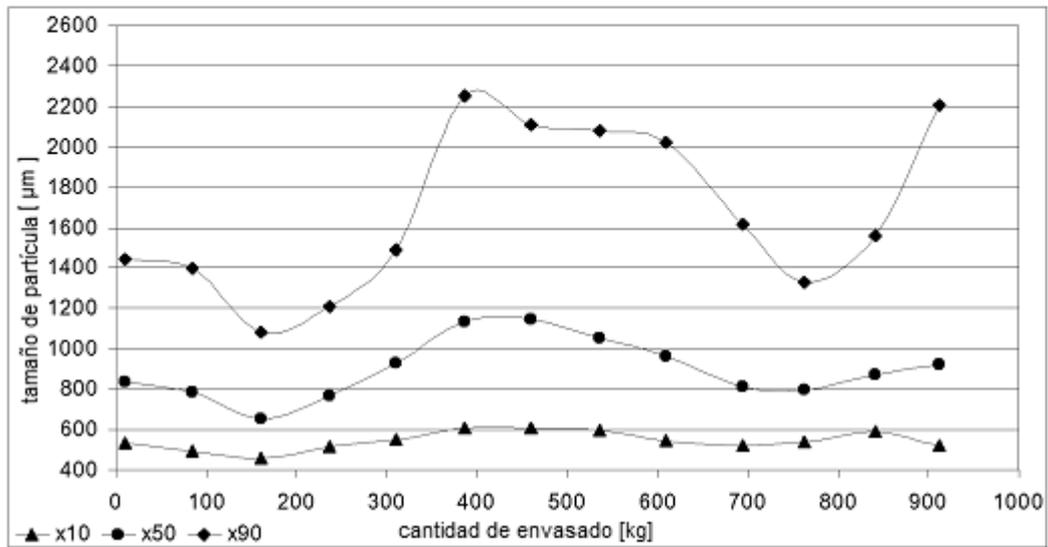


Fig. 5

