



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



⑪ Número de publicación: **2 214 072**

⑫ Número de solicitud: 200001507

⑤① Int. Cl.<sup>7</sup>: **H01L 21/20**  
H01L 21/205  
C30B 25/02  
C23C 16/36

⑫

SOLICITUD DE PATENTE

A1

④② Fecha de presentación: **15.06.2000**

④③ Fecha de publicación de la solicitud: **01.09.2004**

④③ Fecha de publicación del folleto de la solicitud:  
**01.09.2004**

⑦① Solicitante/s: **Universidad de Cádiz**  
**c/ Ancha, 16**  
**11001 Cádiz, ES**

⑦② Inventor/es: **Morales Sánchez, Francisco M.;**  
**Araújo Gay, Daniel y**  
**Molina Rubio, Sergio Ignacio**

⑦④ Agente: **No consta**

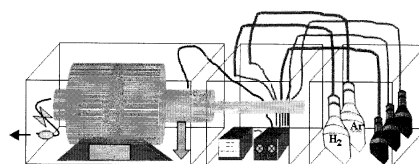
⑤④ Título: **Sistema para carburización de silicio.**

⑤⑦ Resumen:

Sistema para carburización de silicio.

Sistema de carburización de silicio que permite producir, mediante un proceso de carburización, capas de SiC epitaxial, sobre sustratos comerciales como obleas de Si, de SOI, de Si delgado, de Si sobre cuarzo (SIQ), de Si sobre vidrio (SIG) y otros productos de Si crecido epitaxialmente en superficies.

El sistema queda integrado por tres partes principales, el reactor de carburización, el sistema de bombeo y el de distribución de gases. El diseño del sistema permite su construcción a un coste notablemente inferior al de los contruidos hasta ahora para el mismo fin. El proceso de carburización se lleva a cabo a temperaturas máximas comprendidas entre 1100°C y 1300°C haciendo pasar un flujo de una mezcla gaseosa de un hidrocarburo e hidrógeno sobre el sustrato de Si a carburizar, calentado por un horno. El sistema utiliza argón, nitrógeno y vacío, para los ciclos de purga o limpieza.



ES 2 214 072 A1

## DESCRIPCIÓN

Sistema para carburización de silicio.

### Sector de la técnica al que se refiere la invención

Producción de obleas de carburo de silicio (SiC), mediante carburización de obleas de silicio (Si). El SiC está comenzando a sustituir al Si en aplicaciones como semiconductor en automoción, aeroespaciales, telecomunicaciones, etc., donde se requieren dispositivos semiconductores resistentes a altas temperaturas, alta potencia, ambientes químicamente agresivos, etc.

### Estado de la técnica

Las técnicas utilizadas para la fabricación de SiC son las técnicas de crecimiento masivo y las técnicas de crecimiento epitaxial. Los métodos de deposición química de vapores (CVD), son los más extendidos dentro de los de crecimiento epitaxial de SiC, y han sido descritas por varios autores, I.H. Khan y R.N. Summergrad, "The growth of single-crystal films of cubic silicon carbide on silicon", Appl. Phys. Lett. 11 (1),12,(1967)., C.J. Mogab y H.J. Leamy, "Conversion of Si to epitaxial SiC by reaction with  $C_2H_2$ ", J.Appl. Phys. 45(3),1075 (1974)., F. Bozso, J.T. Yates, Jr., W.J. Choyke y L. Muehlhoff, "Studies of SiC formation on Si (100) by chemical vapor deposition", J. Appl. Phys. 57, 8, (1985).

Algunas variantes para CVD de SiC, utilizan el método de carburización por elevación rápida de la temperatura (RTCVD: "rapid thermal chemical vapour deposition"), como primer paso para una posterior deposición, dentro de una reacción más compleja. Estas reacciones de carburización sobre obleas de silicio y sobre silicio SOI (Silicon on Insulator), son bien conocidas, A.J. Steckl y J.P. Li, "Epitaxial growth of  $\beta$ -SiC on Si by RTCVD with  $C_3H_8$  and  $SiH_4$ ", IEEE Trans. Electron. Dev. 39, 64 (1992)., R. Scholz, U. Gösele, E. Nienmann y D. Leidich. "Carbonization-induced SiC micropipe formation in crystalline Si", Appl. Phys. Lett. 67, (10), (1995)., A. J. Steckl y J. Devrajan, "Growth and characterization of GaN thin films on SiC SOI substrates", Journ. Electronic Materials, 26,3,217, (1997).

Las patentes estadounidenses US 5415126, 1995 y US 57599008, 1998, describen también métodos de formación de capas monocristalinas de SiC, sobre Si en el primer caso y sobre SOI en el segundo. En los dos casos la reacción de carburización se aplica previamente al crecimiento de SiC mediante CVD, y el proceso completo se lleva a cabo en un equipo comercial de CVD adaptado a este fin. Estas patentes describen con detalle el proceso químico de carburización.

### Explicación de la invención

Este invento consiste en un aparato que lleva a cabo la carburización de sustratos comerciales como obleas de Si, obleas de SOI, obleas de Si delgado ("thin" Si), obleas de Si sobre cuarzo (SIQ), obleas de Si sobre vidrio (SIG), y otros productos de Si crecido epitaxialmente sobre superficies, para producir capas epitaxiales de carburo de silicio.

El presente sistema de carburización consta de tres partes (reactor de carburización, sistemas de bombeo y de distribución de gases) simplificado respecto a otros sistemas de carburización previamente patentados. En el diseño, montaje y materiales utilizados para fabricar la parte del equipo relativa al reactor de carburización, reside el principal interés de este aparato.

El reactor, que opera a temperaturas máximas entre 1100°C y 1300°C, calentado por un horno, utiliza argón (Ar), nitrógeno ( $N_2$ ) y vacío, para los ciclos de purga o limpieza.

Se ha realizado un estudio teórico de la hidrodinámica que afecta a los experimentos en los reactores de pared caliente, donde se requieren, como ideal para conseguir buen rendimiento, que ocurra un flujo de tipo laminar y una aplicación a las dimensiones de nuestro diseño. También se ha llevado a cabo el cálculo del caudal que se necesita en los refrigeradores para asegurar su óptimo funcionamiento. Se han realizado estudios de las temperaturas que se podrían alcanzar en distintas zonas del recorrido del tubo-reactor, a temperaturas fijas del horno, tanto en el interior como en las paredes exteriores y para poder utilizar los datos y conclusiones extraídos, a posteriori, en la fase experimental de carburización.

Con relación a las condiciones térmicas bajo las cuales debe funcionar el sistema, hay cuatro zonas claramente diferenciadas, zona interior del sistema, que atraviesa el horno, zona interior fuera del horno y las mismas zonas pero en la parte exterior del sistema.

La selección de materiales y el diseño de cada una de estas partes, descritas en este mismo apartado, se ha realizado atendiendo a las condiciones de servicio en cada una de ellas.

Las condiciones más severas a las que está expuesto el sistema, tienen lugar en el tubo central del reactor por el que debe circular la mezcla carburizante de gases (metano, propano ó acetileno + hidrógeno) a temperaturas comprendidas entre 1200 y 1300°C. En estas condiciones, los daños más intensos que puedan producirse, se deben a la difusión de los diferentes átomos implicados, H y C principalmente, a través del material constituyente del tubo, y el ataque preferente al metal de soldadura. En particular, la selección de materiales se realizó teniendo en cuenta que no se originasen deterioros asociados a la fragilización por hidrógeno, o bien por carburización del material constituyente. A pesar de las altas temperaturas en juego, la oxidación directa del material es descartable, debido a que la atmósfera a la que estará expuesta la parte interior del tubo es fundamentalmente reductora.

La principal ventaja que aporta respecto al estado actual de la técnica, es que se ofrece un sistema de carburización de silicio tecnológicamente más simple y económico que los actualmente existentes.

La configuración del sistema de carburización diseñado, consta de 3 partes principales. El reactor de carburización donde se encuentra el tubo de reacción, el sistema de bombeo y el de distribución de gases. Un esquema general queda representado en la fig. 1.

La fig. 2., muestra el esquema general del reactor de carburización y en la fig. 3., se detallan y numeran las principales piezas constituyentes del mismo.

El tubo de reacción principal (25), está fabricado en aleación de base hierro-cromo-aluminio Incoloy MA 956, tiene una longitud de 1730 mm, su diámetro exterior es de 27.9 mm e interior de 33.4 mm. Este tubo se conecta por uno de sus extremos y mediante soldadura TIG a un tapón (24) fabricado en acero inoxidable AISI 310. A su vez esta pieza tiene soldado en su parte central y mediante TIG, un racor estándar de acero inoxidable AISI 316 de la marca Swagelock o equivalente, donde podemos ensamblar un tubo de 12.7 mm para la salida de los gases.

Por el otro extremo, el tubo de reacción se introduce 10 mm y suelda a un tubo que llamaremos unidad de carga (26), fabricado en acero inoxidable AISI 310 de 180 mm de longitud. Esta unidad de carga con forma tubular de 54 mm de diámetro exterior y 27,9 mm de diámetro interior, consta de tres bocas dispuestas en su superficie, que conectan con el interior del tubo, una boca superior para la carga de muestra de norma de vacío NW50 y dos laterales, una para toma de medidas de temperatura, y la otra para circular el flujo de gases y toma de vacío, de normas de vacío NW25 (27), (28) y (29); estas tres bocas son piezas comerciales para sistemas de vacío, que se cierran en su extremo mediante un tapón de junta tórica (22) y (23) y una abrazadera correspondientes a éstas.

A su vez, y por su otro extremo, esta unidad de carga se conecta por soldadura a un tubo concéntrico que penetra 20 mm en su interior. Está construido en acero inoxidable AISI 310, de 54 mm de diámetro exterior, 26 mm de diámetro interior y 95 mm de longitud (31). En el otro extremo de esta pieza se introduce interiormente 55 mm de un tubo de vidrio para alta temperatura como se muestra en la fig. 1., mediante un sistema de juntas tóricas interiores y una rosca de acero AISI 310 para hacer presión (32). El tubo de vidrio tiene 900 mm de longitud, 25 mm de diámetro interno, 27 mm de diámetro externo y está sellado en su otro extremo.

Hasta ahora se ha descrito la carcasa exterior del reactor de carburización. A continuación se describe el dispositivo interior, que es un complejo artefacto conjuntado, unido en una sola pieza, que consta de 3 partes fundamentales: el portamuestras, la barra de transferencia de muestras y el soporte de imanes. Este conjunto queda numerado y representado en el modo de carga y descarga de muestras en la figura 4 y en el modo de carburización en la figura 5.

El sistema magnético está formado por dos cilindros concéntricos de teflón, de 20 mm de longitud cada uno, y concéntricos al tubo de vidrio a su vez, uno de ellos exterior al vidrio (38) y otro interior (37). En sus caras interiores se disponen de manera enfrenteada dos pares de 12 imanes de neodimio sinterizado (39), compuestos de Neodimio-Hierro-Boro. Las propiedades físicas y magnéticas de los imanes son: densidad=7.8 g/cm<sup>3</sup>; punto de Curie=320°C; máxima temperatura de trabajo=80°C; inducción remanente (Br)=12.200 Gauss; fuerza coercitiva(Hc)=11700 Oe.; energía máxima (BH Máx.)=18/20 MGOe.; coeficiente magnético de temperatura= -0.11 %/°C.

Unido mediante rosca a la pieza de teflón interior al tubo de cristal, se dispone una barra maciza de aleación MA 956 de 860 mm de longitud y 6 mm de diámetro (36), orientada en dirección al tubo de reacción y que en su otro extremo se rosca a la denominada barqueta de portamuestras (34) y (35), que es una de las partes del conjunto del portamuestras.

El conjunto del portamuestras consta de la barqueta de portamuestras (34), que es un tubo concéntrico al reactor de carburización y se traslada por el interior de éste mediante deslizamiento, está fabricado en una aleación para alta temperatura de base níquel Inconel 600 con un diámetro exterior de 25.4 mm y tiene tres cortes interiores donde se disponen las pequeñas bandejas portamuestras (33). Éstas disponen a su vez de orificios de métrica 3, para poder ser trasvasadas hacia afuera y adentro del reactor, por la boca NW50 del sistema de carga, mediante rosca, con un destor-

nillador manual. Estas bandejas se fabrican de acero inoxidable, Incoloy MA956, cuarzo o cerámicas mecanizables como alúmina y permiten colocar trozos de oblea de silicio de hasta 22 X 29 mm<sup>2</sup>. La última pieza de este conjunto es una tapa (11) que conecta por tornillería la barqueta y la barra maciza, y es de acero inoxidable AISI 310. Esta tapa además consta de dos partes que una vez ensambladas originan dos orificios donde se colocarían uno o dos termopares. Otros componentes del sistema son los dos dispositivos de refrigeración (30), que se encuentran abrazando al tubo principal de reacción en sus extremos.

Éstos están constituidos por unos cilindros huecos por los que circula una corriente continua de agua. El hecho de que se dispongan en los extremos se debe a que la parte central de este tubo, sobre unos 1500 mm está rodeada por el tubo central- interior de alúmina de un horno tubular de resistencias de SiC. Los dos refrigeradores están fabricados en acero inoxidable AISI 310 y se fijan alrededor del tubo mediante un sistema de cilindros metálicos y juntas tóricas de vitón que se fijan al tubo por medio de unas roscas laterales a los refrigeradores. Estos refrigeradores miden 99 mm de longitud y enfrían mediante agua a lo largo de 88 mm del tubo por cada extremo del horno. La parte central de estos cilindros, por la cual fluye el agua de refrigeración, tiene un diámetro interior de 50 mm. Esta corriente continua de agua circula desde el grifo hasta el refrigerador por medio de unos circuitos de mangueras y conexiones.

El horno, de tipo tubular, tiene una potencia de 6000 W, y calienta una sección del tubo de 1000 mm de longitud. El calentamiento se controla mediante un programador que permite utilizar hasta 7 rampas de temperatura en el mismo ciclo.

El sistema está diseñado de forma que pueda trabajarse a bajas presiones. De hecho se ha conectado un sistema de bombeo en una de las bocas laterales NW25 (29), del dispositivo de carga de muestras. Cuando se trabaja a presión atmosférica, se prescinde de este bombeo.

El sistema de bombeo consta de una válvula de vacío que permite aislar o conectar una bomba rotatoria simple al sistema de carburización.

El sistema de distribución de gases se dispone casi en su totalidad en el exterior de la campana de aireación, dentro de la cual se han colocado el reactor y el horno, para así minimizar riesgos de posibles concentraciones por fugas de gases inflamables o explosivos en contacto con altas temperaturas. Para más seguridad se ha construido todo este sistema de gases del prototipo, en piezas de alta calidad de la marca Swagelok o equivalentes, tanto válvulas como conexiones. Además se colocó dentro de la campana de reacción y encima del sistema la caja de distribución de gases y las bombonas, dos sistemas de detección de fugas de gases inflamables, formados por la unidad de control y alarma, y por el sensor de gases inflamables. El sistema de distribución de gases consta de 3 partes diferenciadas: las bombonas o líneas de gases necesarios, controladas todas por manorreductores, la caja de distribución de gases, con el que se envía la mezcla de gases de reacción dentro del sistema, o en su caso, el gas de limpieza para la purga y el sistema de salida del flujo de gases productos de la reacción en el momento de la reacción, salida ésta que se controla mediante una válvula de paso de bola y a conti-

nuación una válvula antirretorno para hermetizar ésta ante posibles incursiones externas de aire.

La caja de distribución, integrada por un sistema de válvulas, racores y dos controladores electrónicos de flujo másico, es de construcción propia y tiene en su frontal dos válvulas, la primera es de cuatro posiciones y la segunda es de dos posiciones. La parte trasera de la caja consta de varios racores, de entrada o salida de gases. Por aquí entran el hidrógeno, el argón o las mezclas de hidrógeno e hidrocarburos (propano, metano o acetileno). La salida conduce los gases a una de las bocas laterales del sistema de carburización.

Los controladores de flujo másico, controlan y miden el paso de un flujo de gas hidrógeno o de la mezcla hidrógeno-hidrocarburos. Estos controladores están unidos mediante conectores colocados en la parte posterior de la caja de distribución a un microprocesador de una unidad electrónica de control y lectura.

El peligro que conlleva trabajar con hidrógeno a altas temperaturas, por su carácter inflamable o explosivo en otros casos, ante posibles fugas, unido a los requerimientos a los que obligan las condiciones de vacío, nos recuerdan la importancia de que todo el sistema sea hermético. Esto justifica el que se hayan utilizado piezas de alta calidad tanto para el vacío como para la conducción de gases, así como la medida de disponer de sensores de fugas de gases, en las zonas críticas del sistema. No obstante, se ha realizado una inspección de fugas con un controlador de mano en cada rincón del sistema antes de comenzar los experimentos en el prototipo.

Mientras el termopar que mide la temperatura de las resistencias es parte del horno comercial, el termopar interior mide 600 mm de longitud y 8 mm de diámetro y se sujeta a lo largo de la barra de transferencia de muestras y su longitud permite que la punta del termopar llegue a colocarse encima de las muestras, de forma que el otro extremo todavía no sobrepase el límite de los refrigeradores, para así tener una conexión a baja temperatura y una señal de temperatura fiable. Esta conexión está dispuesta en otra de las bocas laterales de medida NW25 de la pieza de unidad de carga ya descrita, mediante un conector-pasamuros para vacío. Desde ahí y mediante un cable manda la señal a transformar al interruptor triple.

#### Descripción de los dibujos

Fig. 1.

*Esquema general del sistema de carburización*

- 1.- Horno
- 2.- Reactor
- 3.- Tubo de Vidrio
- 4.- Control de Flujo
- 5.- Control de Gases
- 6.- Control de Horno
- 7.- Mezclas
- 8.- Gases Reacción
- 9.- Canalización Gases
- 10.- Entrada Gases
- 11.- Vacío
- 12.- Salida Gas

Fig. 2.

*Esquema general del reactor de carburización*

- 13.- Entrada y salida gases/vacío
- 14.- Refrigeración
- 15.- Zona de calentamiento
- 16.- Trasvase muestra
- 17.- Toma de termopar
- 18.- Tubo de reacción
- 19.- Sistema de imanes
- 20.- Tubo de vidrio

Fig. 3.

*Piezas del reactor de carburización*

- 21.- Racor estándar de acero inoxidable
- 22.- Tapón de Junta Tórica
- 23.- Tapón de Junta Tórica
- 24.- Tapón de acero inoxidable
- 25.- Tubo de reacción principal
- 26.- Unidad de carga
- 27.- Pieza para carga de muestras
- 28.- Pieza para toma de temperatura
- 29.- Pieza para toma de vacío y flujo de gases
- 30.- Dispositivo de refrigeración
- 31.- Tubo de acero inoxidable
- 32.- Rosca de acero

Fig. 4.

*Modo de carga y descarga de muestras y detalle de la barqueta-portamuestras*

- 33.- Bandeja de portamuestras
- 34.- Barqueta portamuestras
- 35.- Barqueta portamuestras
- 36.- Barra de aleación Incoloy
- 37.- Tubo concéntrico exterior de teflón
- 38.- Tubo concéntrico interior de teflón
- 39.- Imanes de neodimio sintetizado

Fig. 5.

*Modo de carburización*

#### Modo de realización de la invención

El modo de actuar para llevar a cabo la carburización de silicio monocristalino en un equipo con las características del descrito, puede desglosarse en los siguientes pasos sucesivos.

En primer lugar, se han de activar los elementos que juegan algún papel dentro de la seguridad de los usuarios o del propio equipo, en el siguiente orden:

- Abrir la válvula (grifo) que hacen circular agua por todo el circuito de refrigeración.
- Conectar los sensores y alarmas dispuestos para detectar posibles fugas de gases inflamables.
- Activar la campana de extracción donde se dispone el reactor y el horno y también encender

los ventiladores de extracción de todo el laboratorio.

- Fijar la temperatura del horno a una temperatura constante deseada de carburización, mediante el programador instalado al efecto.

En segundo lugar, se describe el modo de actuar para llevar a cabo el desarrollo del experimento de carburización:

- Someter a las muestras de Si a un pretratamiento de desoxidación superficial que consiste en un suave ataque químico, sumergiendo estas muestras durante 5 min. en HF al 5% de concentración.
- Situar las muestras en las bandejas portamuestras y llevar éstas al interior del reactor (carga de muestras). Para trasvasar las bandejas hacia adentro del reactor (a la vez que las muestras), se introducen por la boca NW50 del sistema de carga, y las emplazamos en los huecos dispuestos para éstas en la barqueta portamuestras, que previamente ha sido situada debajo de la boca. Este proceso es manual y las bandejas se sacan y meten mediante rosca con un destornillador manual en los agujeros M3 descritos en el apartado anterior.
- Cerrar el tapón y apretar la abrazadera de la boca NW50 de carga y descarga. Abrir la válvula que conecta el reactor con el sistema de bombeo y accionar la bomba de vacío. Esta bomba puede alcanzar un vacío del orden de  $1 \times 10^{-3}$  torr y se utiliza para comenzar los experimentos a vacío con una presión base o para hacer sucesivas purgas y facilitar la limpieza de la atmósfera de reacción. Esta purga se hace cerrando todas las válvulas de entrada o salida del sistema y bombeando el gas producto de reacción, en un primer paso y el gas inerte, en un segundo paso hacia el exterior.
- Cerrar el circuito del sistema de vacío una vez efectuada la purga y abrir la válvula de salida de gases situada en el extremo final del reactor.
- Originar el flujo de gases por el interior del sistema una vez se ha conseguido obtener la zona de calentamiento. Con la válvula de cuatro posiciones de la caja de distribución de gases se selecciona el tipo de gases o mezclas que se envía al interior del sistema, mientras se produce la carburización. Con la válvula de dos posiciones de esta caja, se controla que se produzca la acción de carburización o la acción de purga, enviando la mezcla de gases en una posición o nitrógeno o argón en la otra posición. En la unidad electrónica de control y lectura de los controladores de flujo másico, las señales de flujo se muestran en pantalla en porcentaje o en las unidades ingenieriles que se quieran asignar al programa, y es posible variar también los parámetros del flujo, que se pueden ajustar para cada canal o controlador. Cada canal puede funcionar independientemente o a la par, en el modo de mezcla. Es posible en otras opciones utilizar los controladores como válvulas simples de apertura o cierre, para así facilitar la purga, haciendo hermético el sistema, o controlar la

unidad manualmente, por control remoto o por software.

- En el siguiente paso, el conjunto constituido por la barra y el soporte permiten al portamuestras unido a este conjunto, trasladarse de la zona de trasvase de muestra al interior de la cámara de reacción. El movimiento de todo el bloque en dirección horizontal, mediante deslizamiento y dentro de la carcasa, se consigue por la acción manual de movimiento de la pieza de teflón exterior al tubo de cristal, y por consiguiente de los imanes atraídos, para así no tener que romper el vacío del sistema de carburización. Puede resumirse como el paso de fig. 4. a fig. 5., en el sentido que se indica con la flecha. De esta forma se consiguen las condiciones requeridas para que se produzca una deposición de vapores químicos por elevación rápida de la temperatura (RTCVD). Es en este punto donde se produce la carburización como tal y el tiempo que transcurra esta situación será variable.
- Anular el flujo de gases, apagar el interruptor del horno y hacer vacío a todo el sistema.
- Descargar las muestras enfriadas en vacío y hasta temperatura ambiente. Para descargarlas, llevar la barqueta hasta la boca NW50, actuando de forma inversa a como lo hacíamos anteriormente (tirando hacia afuera del cilindro magnético exterior), destapar la boca y trasvasar las muestras hacia afuera.
- El control de la temperatura en cada momento del experimento, se hace mediante termopares de tipo R (PtRh.Pt) con funda de alúmina. Podemos ver el valor de la temperatura, de las resistencias del horno o del interior del reactor, en la pantalla del programador del horno. Se selecciona poder visualizar una u otra temperatura mediante un interruptor triple que ha sido instalado.

Por último, se han de desactivar los elementos de seguridad:

- Cerrar la válvula (grifo) que hacen circular agua por todo el circuito de refrigeración.
- Desconectar los sensores y alarmas dispuestos para detectar posibles fugas de gases inflamables.
- Apagar la campana de extracción y los ventiladores de extracción de todo el laboratorio.
- Apagar el horno y el programador del horno así como todos los aparatos eléctricos periféricos al sistema.

#### Aplicación industrial

La invención se ha probado en laboratorio y existe un prototipo preparado para su desarrollo y comercialización. Tiene alto nivel de aplicación industrial y es susceptible de aplicación comercial, siendo el producto el equipo en sí, o lo que éste produce. Es de fabricación simple para empresas dedicadas a montajes de ingeniería o talleres de mecánica. Permite la obtención de un producto de aplicación industrial en sectores diversos, algunos ejemplos de instituciones y empresas que pueden mostrar interés en el SiC como producto orientado hacia aplicaciones como sus-

trato de semiconductores tipo III-N y en microelectrónica de SiC y como base de sistemas microelectromecanismos (MEMs): Universidades y centros de investigación, para el desarrollo de dispositivos opto y microelectrónicos obtenidos por crecimiento heteroepitaxial. Empresas productoras de dispositivos elec-

5

trónicos de alta potencia y alta temperatura: industria espacial, automóvil etc. Empresas productoras de diodos luminiscentes (LED's) de emisión en el espectro visible (diodos azules): pantallas planas, "displays", etc. Empresas productoras de dispositivos de alta velocidad, telefonía y telecomunicaciones.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

## REIVINDICACIONES

1. Sistema para la carburización de silicio para llevar a cabo la carburización superficial de obleas de Si, SOI, SIQ, SIG, Si delgado y otros productos con Si crecido epitaxialmente en superficie, **caracterizado** por su diseño, que consta de tres partes, un reactor de carburización, un sistema de bombeo y un sistema de distribución de gases.

2. Sistema para la carburización de silicio, según reivindicación 1, **caracterizado** porque el reactor de carburización consta de tubo de reacción principal, unidad de carga, tapones de entrada y salida, piezas de conexión, tubo de vidrio o cuarzo, sistema magnético, barra de transferencia y conjunto de portamuestras

3. Sistema para la carburización de silicio según reivindicaciones 1 y 2, **caracterizado** porque el tubo de reacción principal, del reactor de carburización está fabricado en Incoloy MA956, u otra aleación funcional resistente a altas temperaturas (rango de 1000 a 1300° C) y a carburización.

4. Sistema para la carburización de silicio según reivindicaciones 1, 2 y 3, **caracterizado** por la forma en la que el tubo se conecta en sus extremos mediante soldadura TIG a otras piezas de acero inoxidable.

5. Sistema para la carburización de silicio, según reivindicaciones 1, 2 y 3, **caracterizado** por la forma en la que el tapón de salida de gases de acero inoxidable AISI 310, queda conectado al tubo de reacción principal mediante soldadura TIG.

6. Sistema para la carburización de silicio, según reivindicaciones 1 y 2, **caracterizado** porque la unidad de carga del reactor de carburización posee tres bocas comerciales de vacío, utilizadas para el trasvase de muestras, la toma de temperatura y el flujo de vacío o gases.

7. Sistema para la carburización de silicio, según reivindicaciones 1, 2 y 6, **caracterizado** por un tubo de vidrio o cuarzo conectado lateralmente a la unidad de carga mediante un sistema de juntas metálicas y tóricas y una pieza de rosca que las ensambla.

8. Sistema para la carburización de silicio, según reivindicaciones 1 y 2, **caracterizado** porque el sistema magnético consta de:

- Dos cilindros concéntricos de teflón, uno interior y otro exterior al tubo de vidrio.
- 24 imanes de neodimio sintetizado, dispuestos en la cara exterior del cilindro de teflón interior y en la cara interior del cilindro de teflón exterior.

9. Sistema para la carburización de silicio, según reivindicaciones 1 y 2, **caracterizado** por una barra de transferencia de muestras fabricada en Incoloy MA956 u otra aleación funcional, con roscas mecanizadas en sus extremos.

10. Sistema para la carburización de silicio, según reivindicaciones 1 y 2, **caracterizado** por poseer unas piezas denominadas conjunto del portamuestras, que consta de una barqueta de portamuestras fabricada en Inconel 600, u otra aleación que cumpla la misma función, que sirve para disponer unas bandejas de portamuestras fabricadas en Acero Inoxidable, Incoloy MA956, cuarzo o cerámicas mecanizables, y que está unida a una pieza externa fabricada en acero inoxidable, con roscas y orificios para disposición de termopares.

11. Sistema para la carburización de silicio, según reivindicaciones 1, 2, 8, 9 y 10, **caracterizado** por la disposición en una sola pieza del sistema magnético, barra de transferencia y conjunto del portamuestras, formando un conjunto llamado dispositivo interior.

12. Sistema para la carburización de silicio, según reivindicaciones 1, 2, 8, 9, 10 y 11, **caracterizado** por el método mediante el cual se origina el movimiento por deslizamiento del dispositivo interior, desde la zona exterior a la zona interior del tubo principal, basado en el accionamiento manual de la pieza exterior de teflón del sistema magnético, a lo largo del tubo de vidrio o de cuarzo.

13. Sistema para la carburización de silicio, según reivindicaciones 1 y 2, **caracterizado** por utilizar dos sistemas de refrigeración de acero inoxidable, que abrazan al tubo principal de reacción por sus extremos.

14. Sistema para la carburización de silicio, según reivindicación 1, **caracterizado** por utilizar una bomba de vacío y una válvula de vacío conectadas al resto del equipo, constituyendo el sistema de bombeo.

15. Sistema para la carburización de silicio, según reivindicación 1, **caracterizado** por utilizar un sistema de distribución de gases constituido por bombonas y líneas de gases necesarios, controladas todas por manorreductores, una caja de distribución de gases, con varias entradas de gases en su parte posterior y dos válvulas de selección de estos gases en su parte anterior y el sistema de control del flujo de gases de reacción.

16. Sistema para la carburización de silicio, según reivindicación 1, **caracterizado** por la utilización de un termopar de tipo R con funda de alúmina y que se dispone adjunto al dispositivo interior, que se sujeta a lo largo de la barra de transferencia de muestras y con una longitud que permite que la punta del termopar llegue a colocarse encima de las muestras y que el otro extremo sobrepase el límite de los refrigeradores, para así tener una conexión a baja temperatura y una señal de temperatura fiable, tomándose esta señal por una de las bocas laterales del dispositivo de carga de muestras mediante una conexión eléctrica de tipo pasamuros de vacío.

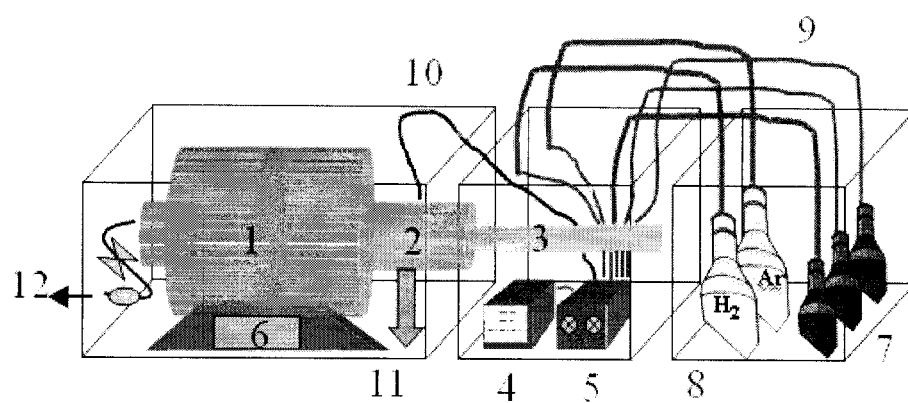
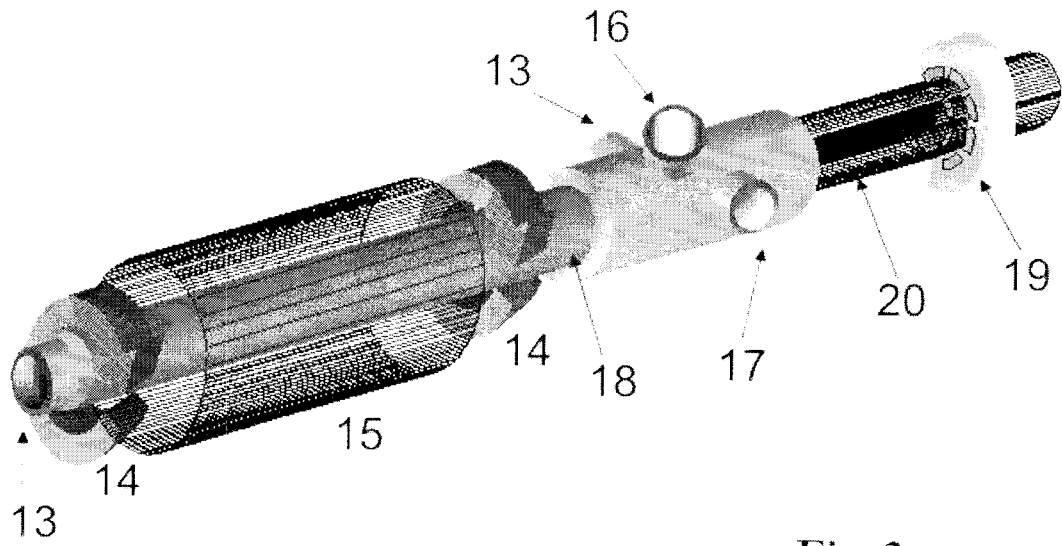
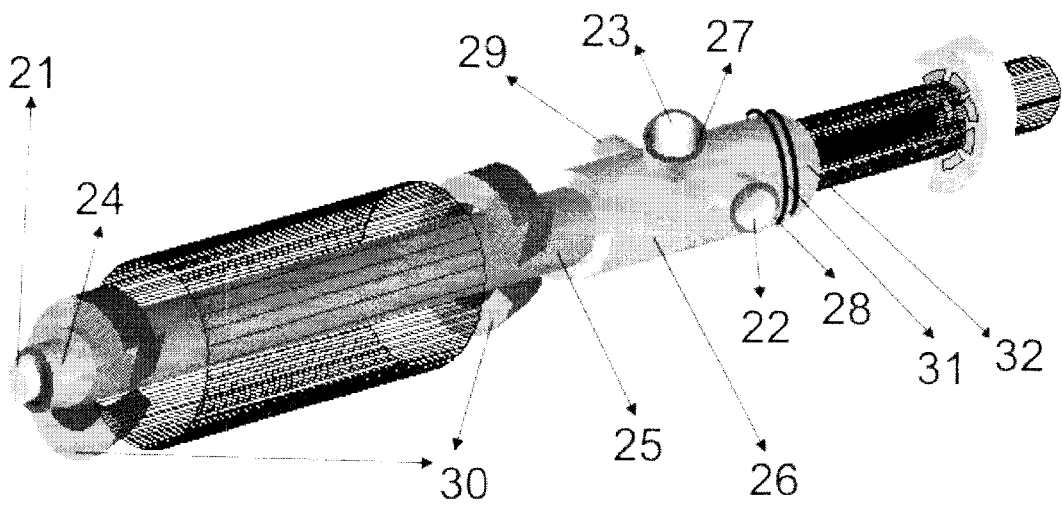


Fig. 1

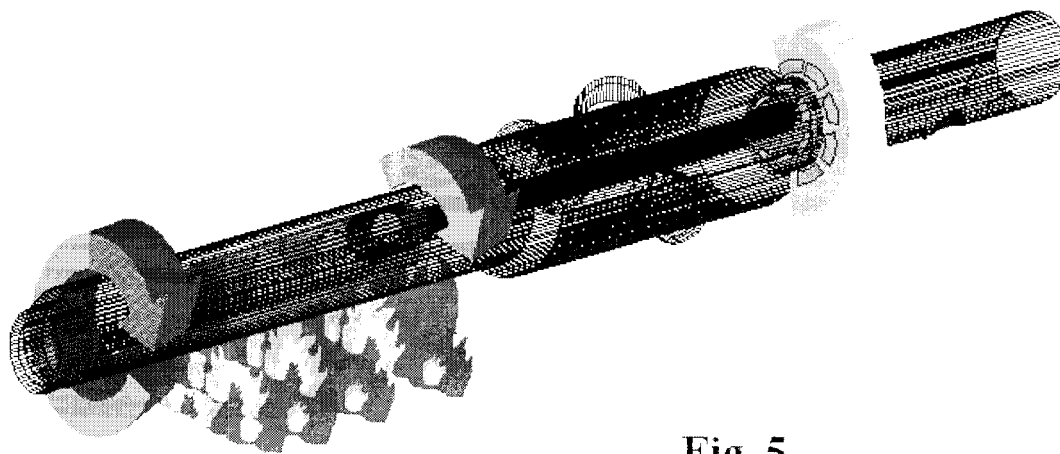
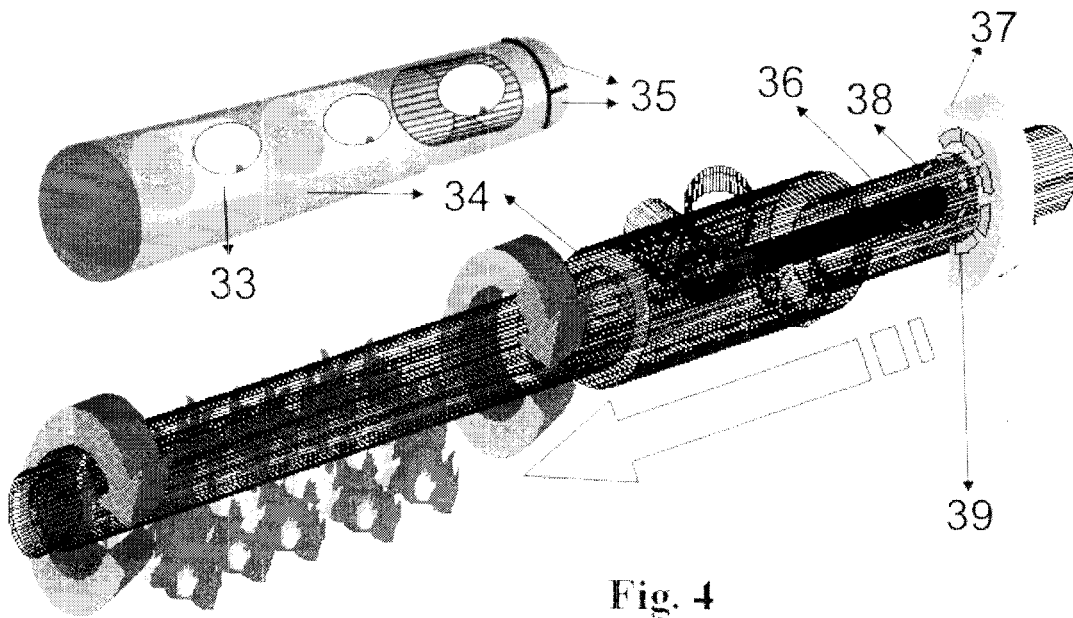




**Fig. 2**



**Fig. 3**





OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

⑪ ES 2 214 072

⑫ Nº de solicitud: 200001507

⑬ Fecha de presentación de la solicitud: 15.06.2000

⑭ Fecha de prioridad:

## INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑮ Int. Cl.7: H01L 21/20, 21/205, C30B 25/02, C23C 16/32

### DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	US 5254370 A (NAGASAWA HIROYUKI et al.) 19.10.1993, todo el documento.	1,14
A		2,15
X	JP 62-138398 A (AGENCY OF IND SCIENCE & TECHNOLOGY) 22.06.1987, resumen; figuras. Recuperado de EPO PAJ Database.	1,14
A		2,15
X	JP 62-214614 A (FUJITSU LTD.) 21.09.1987, resumen; figuras. Recuperado de EPO PAJ Database.	1
A		2,14,15
X	JP 62-213251 A (FUJITSU LTD.) 19.09.1987, resumen. Recuperado de EPO PAJ Database.	1
A		2,14,15
A	JP 02-262324 A (HOYA CORP.) 25.10.1990, resumen; figuras. Recuperado de EPO PAJ Database.	1,2,14,15

#### Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

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

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

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

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

#### El presente informe ha sido realizado

☒ para todas las reivindicaciones

☐ para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe

31.07.2004

Examinador

Mª J. Lloris Meseguer

Página

1/1