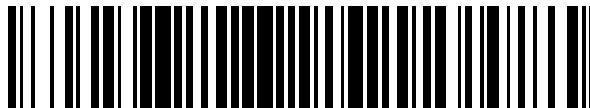


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 391 246**

51 Int. Cl.:
C30B 23/02 (2006.01)
C23C 14/56 (2006.01)
C30B 29/40 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **09305570 .5**
96 Fecha de presentación: **18.06.2009**
97 Número de publicación de la solicitud: **2264225**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **22.12.2010**

54 Título: **Aparato de epitaxia de haz molecular para producir pastillas de material semiconductor**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
22.11.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
22.11.2012

73 Titular/es:
RIBER (100.0%)
31 rue Casimir Périer
95870 Bezons, FR

72 Inventor/es:
VILLETTE, JÉRÔME;
CHAIX, CATHERINE y
CASSAGNE, VALERICK

74 Agente/Representante:
CURELL AGUILÁ, Mireia

ES 2 391 246 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

Aparato de epitaxia de haz molecular para producir pastillas de material semiconductor.

5 La presente invención se refiere a un aparato de epitaxia de haz molecular para producir pastillas de material semiconductor.

10 El semiconductor de nitruro de galio epitaxial (GaN) ha mostrado propiedades de semiconducción muy interesantes para aplicaciones de alta potencia y alta frecuencia tales como LEDs de alta luminiscencia o transistores de radiofrecuencia.

La epitaxia de capas delgadas de GaN puede hacerse por dos técnicas principales, a saber, Epitaxia de Haz Molecular (MBE) y Deposición de Vapor Químico Orgánico Metálico (MOCVD).

15 En el caso de la técnica de epitaxia de haz molecular, los átomos o moléculas de elementos o compuestos, por ejemplo galio, se evaporan a partir de un metal fundido en una celda de efusión y el elemento nitrógeno puede ser suministrado por nitrógeno molecular craqueado por una fuente de plasma o a partir de amoniaco en estado gaseoso proveniente de un inyector de gas, que se descompone químicamente en la superficie del sustrato por activación térmica.

20 Un aparato de epitaxia de haz molecular comprende usualmente un compartimiento de carga en donde se introduce un sustrato a revestir, un compartimiento en el que el sustrato se deshidrata, un compartimiento en el que se realiza una operación de desoxidación del sustrato, una cámara de crecimiento y unos medios de bombeo que bombean los elementos residuales de la cámara de crecimiento.

25 El sustrato, por ejemplo silicio, se introduce en la cámara de crecimiento, en donde se realiza un vacío de alrededor de 10^{-8} Pascales. El sustrato se calienta a una temperatura de entre alrededor de 300°C y 1100°C. A continuación, se inyecta un precursor gaseoso como el amoniaco en la cámara de crecimiento y el metal en la celda de efusión se calienta para que se evapore. El amoniaco gaseoso reacciona con el metal evaporado en la superficie del sustrato para formar una capa epitaxial de GaN.

30 Una parte del amoniaco que no se craquea durante el proceso de crecimiento queda atrapado en el panel criogénico que cubre la superficie interior de la pared lateral de la cámara de crecimiento y que rodea el área del proceso.

35 Debido a:

- la presión de amoniaco utilizado entre 10^{-5} y 10^{-2} Pascales durante el paso de inyección,
- la temperatura de las paredes interiores de la cámara de crecimiento alrededor de la temperatura ambiente,
- el área grande de estas paredes en comparación con el volumen de la cámara de crecimiento, y
- 40 - la energía de adsorción/desorción de amoniaco en sólidos de alrededor de 75 a 125 kJ/mol,

las moléculas de amoniaco se adsorben fácilmente en las paredes de la cámara de crecimiento, que son usualmente sensibles a la temperatura ambiente, y se desorben con una constante de tiempo de minutos a horas.

45 Esto induce una presión de vapor no despreciable y un flujo de amoniaco en el sistema cuando se detiene la inyección de amoniaco. Este amoniaco residual puede perturbar los otros procesos realizados en la cámara de crecimiento cuando no se desea amoniaco.

50 Como ejemplo, cuando se utilizan sustratos de silicio, un importante fondo de presión de amoniaco durante el calentamiento del sustrato nitrura su superficie convirtiendo silicio en nitruro de silicio y afecta así a sus propiedades eléctricas.

55 En los documentos WO2008/039410 y US571181 pueden encontrarse ejemplos de aparatos de deposición en vacío que tienen una cámara de crecimiento que comprende un panel criogénico con el fin de bombear los elementos residuales presentes en la cámara de crecimiento.

60 El objetivo de la presente invención es proporcionar un aparato de epitaxia de haz molecular como el expuesto en la reivindicación 1, que permita reducir eficientemente la presión de precursor gaseoso en la cámara de crecimiento bajo un límite de presión, cuando no se desea el precursor gaseoso. Este límite de presión corresponde a una presión de precursor gaseoso bajo la cual se limita o se evita la perturbación del proceso de crecimiento por el precursor.

65 A este fin, la invención se refiere a un aparato de epitaxia de haz molecular para producir pastillas de material semiconductor que comprende un sustrato cubierto por una capa de material, comprendiendo además dicho dispositivo:

- una cámara de crecimiento que rodea un área de procesado, comprendiendo dicha cámara de crecimiento una pared lateral, una pared inferior y una pared superior que tienen cada una de ellas una superficie interior,
- 5 - un panel criogénico principal que tiene al menos una parte lateral que cubre la superficie interior de dicha pared lateral,
- un soporte de muestras capaz de sostener dicho sustrato, comprendiendo dicho soporte de muestras unos medios de calentamiento,
- 10 - al menos una celda de efusión capaz de evaporar átomos o moléculas de elementos o compuestos,
- un inyector de gas capaz de inyectar en la cámara de crecimiento un precursor gaseoso, siendo una parte de dicho precursor gaseoso capaz de reaccionar con los átomos o moléculas evaporados de elementos o compuestos en la superficie del sustrato para formar la capa,
- 15 - unos medios de bombeo conectados a la cámara de crecimiento y capaces de proporcionar capacidad de alto vacío.

20 Según la invención, el aparato de epitaxia de haz molecular comprende un recinto de aislamiento que cubre al menos las superficies interiores de las paredes de la cámara de crecimiento, comprendiendo dicho recinto de aislamiento partes frías que tienen una temperatura T_{\min} inferior o igual al punto de fusión del precursor gaseoso, y partes calientes que tienen una temperatura T_{\max} superior o igual a una temperatura en la que la tasa de desorción del precursor gaseoso sobre dichas partes calientes es al menos 1000 veces mayor que la tasa de adsorción de dicho precursor gaseoso.

25 La temperatura de las partes frías T_{\min} es suficientemente baja para atrapar el precursor gaseoso y no liberar este último. La temperatura de las partes calientes T_{\max} es suficientemente alta para evitar la fijación del precursor gaseoso de las mismas.

30 La invención permite apantallar el área de procesado frente al precursor gaseoso que se desorbe de las paredes de la cámara de crecimiento, que están usualmente a temperatura ambiente (usualmente una temperatura no comprendida en el rango entre T_{\min} y T_{\max}), reduciendo o eliminando la perturbación del proceso cuando no se necesita el precursor gaseoso. La invención permite limitar la presión de vapor residual del precursor gaseoso (por ejemplo, amoniaco) en la cámara de crecimiento. Se evita la polución del sustrato, la celda de efusión, el inyector de gas y el manómetro.

35 Según diversas formas de realización, la presión invención se refiere también a las características siguientes, consideradas individualmente o en todas sus posibles combinaciones técnicas:

- 40 - la celda de efusión es capaz de evaporar átomos o moléculas de elementos o compuestos del grupo III y el inyector de gas es capaz de inyectar un precursor gaseoso que comprende un elemento del grupo V,
- 45 - el sustrato es un sustrato de silicio, la celda de efusión es capaz de evaporar galio y el inyector de gas es capaz de inyectar amoniaco gaseoso,
- la temperatura de dichas partes frías T_{\min} es inferior o igual a -78°C , y la temperatura de dichas partes calientes T_{\max} es superior o igual a $+100^{\circ}\text{C}$,
- 50 - dichas partes frías del recinto de aislamiento comprenden:
 - o dicha parte lateral del panel criogénico principal que cubre la superficie interior de la pared lateral, estando dicha parte lateral del panel criogénico principal provista de un orificio para la conexión con los medios de bombeo,
 - 55 o una parte inferior del panel criogénico principal que cubre la superficie interior de la pared inferior, estando dicha parte inferior del panel criogénico principal provista de un primer orificio para la celda de efusión y un segundo orificio para el inyector de gas,
 - o una parte superior del panel criogénico principal que cubre la superficie interior de la pared superior, estando dicha parte superior del panel criogénico principal provista de un orificio cruzado por dicho soporte de muestras,
 - 60
- dichos medios de bombeo comprenden un conducto de bombeo y dichas partes frías del recinto de aislamiento comprenden un panel criogénico que cubre la superficie interior de la pared del conducto de bombeo,

- el recinto de aislamiento cubre al menos el 80% de las superficies interiores de las paredes de la cámara de crecimiento y el conducto de bombeo del pozo de bombeo,
- 5 - dicha celda de efusión comprende un obturador y dicho inyector de gas comprende medios de calentamiento, y dichas partes calientes del recinto de aislamiento comprenden dicha celda de efusión, dicho inyector de gas, dicho soporte de muestra y el obturador de la celda de efusión,
- 10 - dicho aparato de epitaxia de haz molecular comprende un panel criogénico secundario y dicha parte lateral del panel criogénico principal comprende un extremo superior, dichas partes frías del recinto de aislamiento comprenden una primera ala térmica unida a dicho extremo superior de la parte lateral del panel criogénico principal, y una segunda ala térmica unida a la pared exterior del panel criogénico secundario, extendiéndose dichas alas térmicas, transversalmente, rodeando el panel criogénico secundario y estando cerca una de la otra, de tal manera que aislen el área del proceso respecto de la pared superior de la cámara de crecimiento,
- 15 - dichas partes frías del recinto de aislamiento comprenden una cuarta ala térmica posicionada en el segundo orificio de la parte inferior del panel criogénico principal y extendiéndose desde dicho orificio,
- 20 - dichas partes calientes del recinto de aislamiento comprenden una tercera ala térmica unida al inyector de gas, estando posicionada dicha tercera ala térmica entre el segundo orificio de la parte inferior del panel criogénico principal y la superficie interior de la pared inferior de la cámara de crecimiento y rodeando el inyector de gas de tal manera que aisle el área de procesado respecto de la superficie interior de la pared inferior de la cámara de crecimiento,
- 25 - el recinto de aislamiento está separado de las paredes de la cámara de crecimiento por un espacio d, de tal manera que el precursor condensado en partes frías de dicho recinto de aislamiento no contacte con dichas paredes de la cámara de crecimiento,
- 30 - el soporte de muestras está más bajo que el extremo inferior del panel criogénico secundario para limitar o evitar intercambios térmicos entre dicho soporte de muestras y el extremo inferior de dicho panel criogénico secundario.

La descripción de la invención se ilustra por los siguientes dibujos, en los cuales:

- 35 - la figura 1 representa un aparato de epitaxia de haz molecular según una forma de realización de la invención;
- la figura 2 representa alas térmicas según una forma de realización de la invención; y
- 40 - la figura 3 representa alas térmicas según otra forma de realización de la invención.

La figura 1 representa un aparato de epitaxia de haz molecular según una forma de realización de la invención.

45 El aparato de epitaxia de haz molecular comprende una cámara de crecimiento 1 que rodea un área de procesado 2. La cámara de crecimiento 1 comprende una pared lateral 3, una pared inferior 4 y una pared superior 5. Cada una de estas paredes tiene una superficie interior. Las paredes 3, 4, 5 de la cámara de crecimiento forman un conjunto unitario que tiene la forma general de un cilindro cerrado.

50 El aparato de epitaxia de haz molecular comprende un panel criogénico principal que tiene al menos una parte lateral 10 que cubre la superficie interior de la pared lateral 3. Este panel criogénico principal 10 se enfría con un fluido criogénico como nitrógeno líquido, por ejemplo. Puede utilizarse también glicol como fluido criogénico. Preferentemente, la parte lateral 10 del panel criogénico principal tiene una forma cilíndrica.

55 El aparato de epitaxia de haz molecular comprende un soporte de muestras 6 que puede ser rodeado eventualmente por un panel criogénico secundario 7 que tiene una forma cilíndrica. El soporte de muestras 6 se posiciona en la parte superior de la cámara de crecimiento 1 y soporta el sustrato. Comprende medios de calentamiento para calentar el sustrato a una temperatura entre 300°C a 1100°C.

60 El aparato de epitaxia de haz molecular comprende al menos una celda de efusión 8 capaz de evaporar átomos o moléculas de elementos o compuestos y un inyector de gas 9 capaz de inyectar un precursor gaseoso en la cámara de crecimiento 1. La celda de efusión 8 y el inyector de gas 9 se posicionan en el fondo de la cámara de crecimiento 1.

65 Una parte del precursor gaseoso es capaz de reaccionar con los átomos o moléculas evaporados de elementos o compuestos en la superficie del sustrato para formar una capa epitaxial de un material como GaN, por ejemplo, y otra parte del precursor gaseoso no se consume.

ES 2 391 246 T3

El sustrato puede ser silicio, carburo de silicio, zafiro, nitruro de aluminio, diamante, plantillas de nitruro de galio, por ejemplo.

5 Los átomos o moléculas de elementos o compuestos a evaporar pueden ser un metal del grupo III y el elemento a inyectar puede ser un elemento del grupo V, por ejemplo.

10 Preferentemente, el aparato de epitaxia de haz molecular se utiliza para obtener una capa epitaxial de GaN en la superficie de un sustrato de silicio, siendo galio el elemento del grupo III y siendo amoniaco (NH_3) el precursor gaseoso que comprende un elemento del grupo V.

15 Cada celda de efusión 8 puede comprender un obturador móvil (no representado) y estar hecha de diversos materiales como alúmina, por ejemplo.

El aparato de epitaxia de haz molecular comprende unos medios de bombeo 11 conectados a la cámara de crecimiento 1 y capaces de proporcionar capacidad de alto vacío.

20 Los medios de bombeo 11 pueden comprender un conducto de bombeo 30 que tiene una pared 15. El conducto de bombeo 30 está conectado a un dispositivo de bombeo 21 por un primer extremo 12 y emerge en la cámara de crecimiento 1 por un segundo extremo 13.

El dispositivo de bombeo 21 puede ser una bomba primaria asociada con una bomba secundaria.

25 La parte lateral 10 del panel criogénico principal está provista de un orificio 22 posicionado delante del segundo extremo 13 de los medios de bombeo 11.

Según una realización de la invención, el aparato de epitaxia de haz molecular comprende un recinto de aislamiento 14 que cubre al menos las superficies interiores de las paredes 3, 4, 5 de la cámara de crecimiento.

30 El recinto de aislamiento 14 tiene partes frías y partes calientes que tienen temperaturas tales que se limite o se evite el proceso de intercambio de adsorción/desorción del precursor gaseoso alrededor del área de procesado 2 con el fin de limitar la presión parcial del precursor gaseoso en la cámara de crecimiento 1, cuando no se desea el precursor gaseoso.

35 El recinto de aislamiento 14 cubre completamente o casi completamente las superficies interiores de las paredes 3, 4, 5 de la cámara de crecimiento con el fin de aislar el área de procesado 2 respecto de las superficies interiores de las paredes 3, 4, 5 de la cámara de crecimiento.

40 La temperatura de las partes frías T_{\min} es inferior o igual al punto de fusión del precursor gaseoso con el fin de atrapar el precursor gaseoso no consumido en las partes frías.

La temperatura de las partes frías T_{\min} es tal que la constante de tiempo de desorción sea alta conduciendo a un flujo despreciable de amoniaco en el área de procesado 2. Esta temperatura debe estar al menos por debajo del punto de fusión del precursor gaseoso, por ejemplo amoniaco.

45 Por ejemplo, con una temperatura por debajo del punto de fusión del amoniaco a -78°C , la constante de tiempo de desorción se reduce en 5 órdenes de magnitud en comparación con la temperatura ambiente. Así, el flujo contaminante hacia el área de procesado 2 se reduce con esto también en un factor de cien mil. La temperatura de las partes frías debe ser suficientemente baja para atrapar amoniaco y no liberar este último.

50 Ventajosamente, a la temperatura del nitrógeno líquido (-196°C), hay una ganancia de 12 órdenes de magnitud.

55 La mayoría del amoniaco gaseoso queda atrapada por partes frías. Para el amoniaco, la capacidad de bombeo de las partes frías del recinto de aislamiento 14 es de alrededor del 99% de la capacidad de bombeo total. Las especies residuales, que no quedan atrapadas por las partes frías, como nitrógeno, carbono, agua e hidrógeno, son bombeadas por los medios de bombeo 11.

60 La temperatura de las partes calientes T_{\max} es tal que la tasa de desorción de precursor gaseoso en partes calientes es al menos 1000 veces mayor que la tasa de adsorción de precursor gaseoso. Dicho de manera diferente, la temperatura de las partes calientes T_{\max} es suficientemente alta para evitar la fijación de precursor gaseoso de las mismas.

La temperatura de las partes calientes T_{\max} es superior o igual a una temperatura en la que la constante de tiempo de desorción del precursor gaseoso es menor que las duraciones de los periodos de transición de los procesos, con el fin de limitar la adsorción del precursor gaseoso en partes calientes.

ES 2 391 246 T3

Típicamente, con un tiempo de transición en el rango del minuto, la constante de tiempo de desorción debe estar por debajo del segundo. En concreto, en materiales usuales como acero inoxidable o tántalo, se necesita una temperatura T_{\max} mayor que $+100^{\circ}\text{C}$.

5 Para resumir, cuando se utiliza amoniaco como precursor gaseoso, la temperatura de las partes frías T_{\min} es inferior o igual a -78°C y la temperatura de las partes calientes T_{\max} es superior o igual a $+100^{\circ}\text{C}$. Las superficies del recinto de aislamiento 14 que tienen una temperatura entre -78°C y $+100^{\circ}\text{C}$ son limitadas y se eliminan preferentemente. Dicho de manera diferente, la temperatura del recinto de aislamiento 14 no está comprendida en el rango entre T_{\min} y T_{\max} (-78°C y $+100^{\circ}\text{C}$ para amoniaco).

10

Estas temperaturas son diferentes cuando se utiliza otro precursor gaseoso como oxígeno, por ejemplo.

La presión residual de amoniaco debe ser menor que 10^{-7} Pascales, cuando no se necesita amoniaco, es decir, antes y después de la inyección de amoniaco gaseoso en la cámara de crecimiento 1. Ésta es la presión límite bajo la cual no se perturba ni se detiene el proceso de crecimiento. Preferentemente, la presión residual de amoniaco es de alrededor de 10^{-8} Pascales. Para comparación, durante el proceso de crecimiento, cuando se inyecta precursor gaseoso, la presión residual de amoniaco es de alrededor de 10^{-5} Pascales.

15

El panel criogénico principal comprende la parte lateral 10 que cubre la superficie interior de la pared lateral 3, una parte inferior 23 que cubre la superficie interior de la pared inferior 4 y una parte superior 26 que cubre la superficie interior de la pared superior 5.

20

Las partes frías del recinto de aislamiento 14 comprenden la parte lateral 10, la parte inferior 23 y la parte superior 26 del panel criogénico principal.

25

La parte inferior del panel criogénico principal 23 está provista de un primer orificio 24 para la celda de efusión 8, y un segundo orificio 25 para el inyector de gas 9.

La parte superior 26 del panel criogénico principal está provista de un orificio 27 cruzado por el soporte de muestras 6 y, eventualmente, por el panel criogénico secundario 7 que rodea este último.

30

En otra posible forma de realización, las partes frías del recinto de aislamiento 14 comprenden un panel criogénico 16 que cubre completamente o casi completamente la superficie interior de la pared 15 del conducto de bombeo 30 de los medios de bombeo 11.

35

Por "que cubre" se quiere dar a entender el hecho de que el panel criogénico está dispuesto a lo largo de las paredes con un espacio d entre estas superficies interiores y los paneles criogénicos, de tal manera que el precursor condensado en partes frías no hace contacto con las paredes. El espacio d está comprendido entre 0,5 cm y 5 cm.

40

De preferencia, la parte lateral 10 del panel criogénico principal, la parte inferior del panel criogénico principal 23 y la parte superior 26 del panel criogénico principal de la cámara de crecimiento 1 forman un conjunto unitario en el que circula el fluido criogénico.

El conjunto unitario se adapta a la forma de las paredes 3, 4, 5 de la cámara de crecimiento.

45

Las partes del panel criogénico principal están diseñadas para cubrir la mayoría de las superficies interiores de las paredes 3, 4, 5 de la cámara de crecimiento. Los orificios en este panel criogénico se llenan de partes calientes, incluyendo, además, el soporte de muestras 6, la celda de efusión 8, el inyector de gas 9 que comprende medios de calentamiento y el obturador de la celda de efusión.

50

Alternativamente, la parte lateral 10, la parte inferior 23 y la parte superior 26 del panel criogénico principal son tres paneles criogénicos bien distintos.

Como se ve en la figura 1, ventajosamente, no hay ninguna visión directa desde las paredes de la cámara de crecimiento, que estén sensiblemente a la temperatura ambiente y, usualmente, a una temperatura no comprendida en el rango entre T_{\min} y T_{\max} .

55

De una manera preferida, más del 80% de las paredes de la cámara de crecimiento están apantalladas por partes calientes y frías del recinto de aislamiento 14 que miran al área de procesado 2.

60

Alternativamente, la parte lateral 10 del panel criogénico principal comprende un extremo superior 28 y las partes frías del recinto de aislamiento 14 comprenden una primera ala térmica 17 unida al extremo superior 28 de la parte lateral 10 del panel criogénico principal, como se representa en la figura 2.

65

Las partes frías del recinto de aislamiento 14 comprenden igualmente una segunda ala térmica 18 unida a la parte exterior del panel criogénico secundario 7.

ES 2 391 246 T3

Estas dos alas térmicas 17, 18 se extienden transversalmente. La segunda ala térmica 18 se extiende transversalmente desde la pared exterior del panel criogénico secundario 7. Estas dos alas térmicas 17, 18 rodean el panel criogénico secundario 7 y están próximas una a otra de tal manera que aislen el área de procesado 2 respecto de la pared superior 5 de la cámara de crecimiento 1.

5 Se proporciona un espacio 29 entre las dos alas térmicas 17, 18. De preferencia, las alas térmicas 17, 18 tienen forma de anillo.

10 La primera ala térmica 17 se extiende desde la parte lateral 10 del panel criogénico principal hasta la proximidad del panel criogénico secundario 7. Se facilita un espacio entre el extremo de la primera ala térmica 17 y la pared del panel criogénico secundario 7.

15 La segunda ala térmica 18 se posiciona debajo de la primera ala térmica 17. La segunda ala térmica 18 es más corta que la primera ala térmica 17 y se posiciona delante del espacio dispuesto entre el extremo de la primera ala térmica 17 y la pared del panel criogénico secundario 7.

Las alas térmicas 17, 18 actúan como conductor térmico y son enfriadas por los paneles criogénicos.

20 Las partes calientes del recinto de aislamiento 14 comprenden una tercera ala térmica 19 unida al inyector de gas 9. La tercera ala térmica 19 está posicionada entre el segundo orificio 25 de la parte inferior del panel criogénico principal 23 y la superficie interior de la pared inferior 4 de la cámara de crecimiento 1. La tercera ala térmica 19 rodea el inyector de gas 9 de tal manera que aisle el área de procesado 2 respecto de la superficie interior de la pared inferior 4 de la cámara de crecimiento 1.

25 La tercera ala térmica 19 se extiende desde la superficie del inyector de gas 9. Puede tener forma de anillo. Su anchura corresponde aproximadamente al diámetro del segundo orificio 25 de la parte inferior del panel criogénico principal 23.

30 La circulación de amoniaco en estado de vapor está limitada entre la tercera ala térmica 19 y la parte inferior del panel criogénico principal 23.

35 Las partes frías del recinto de aislamiento 14 comprenden una cuarta ala térmica 20 insertada en el segundo orificio 24 de la parte inferior del panel criogénico principal 23 y extendiéndose desde la parte inferior del panel criogénico principal 23. La cuarta ala térmica 20 rodea el inyector de gas 9 con el fin de aislar el área de procesado 2 respecto de la superficie interior de la pared inferior 4 de la cámara de crecimiento 1. La cuarta ala térmica 20 puede tener forma de anillo.

40 En otra realización posible de la invención, el soporte de muestras 6 está más bajo que el extremo inferior 31 del panel criogénico secundario 7 para limitar o evitar intercambios térmicos entre el soporte de muestras 6 y el extremo inferior 31 del panel criogénico secundario 7.

La invención permite limitar la presión de vapor residual de precursor gaseoso en la cámara de inyección 1 cuando se detiene la inyección de precursor gaseoso. Así, no se perturba el proceso de crecimiento.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Aparato de epitaxia de haz molecular para producir pastillas de material semiconductor que comprende un sustrato cubierto por una capa de material, comprendiendo además dicho dispositivo:
- 10 - una cámara de crecimiento (1) que rodea un área de procesado (2), comprendiendo dicha cámara de crecimiento (1) una pared lateral (3), una pared inferior (4) y una pared superior (5), presentando cada una de ellas una superficie interior,
 - 15 - un panel criogénico principal que tiene al menos una parte lateral (10) que cubre la superficie interior de dicha pared lateral (3),
 - un soporte de muestras (6) apto para soportar dicho sustrato, comprendiendo dicho soporte de muestras (6) unos medios de calentamiento,
 - por lo menos una celda de efusión (8) apta para evaporar átomos o moléculas de elementos o compuestos,
 - 20 - un inyector de gas (9) apto para inyectar en el interior de la cámara de crecimiento (1) un precursor gaseoso, siendo una parte de dicho precursor gaseoso apta para reaccionar con los átomos o moléculas evaporados de elementos o compuestos sobre la superficie del sustrato para formar la capa,
 - unos medios de bombeo (11) conectados a la cámara de crecimiento (1) y aptos para proporcionar capacidad de alto vacío,
 - 25 - un recinto de aislamiento (14) que cubre al menos las superficies interiores de las paredes (3, 4, 5) de la cámara de crecimiento, comprendiendo dicho recinto de aislamiento (14):
 - 30 - unas partes frías que tienen una temperatura T_{min} inferior o igual al punto de fusión del precursor gaseoso, comprendiendo dichas partes frías del recinto de aislamiento (14):
 - dicha parte lateral (10) del panel criogénico principal que cubre la superficie interior de la pared lateral (3), y
 - 35 - una parte inferior del panel criogénico principal (23) que cubre la superficie interior de la pared inferior (4), estando dicha parte inferior del panel criogénico principal (23) provista de un primer orificio (24) para la celda de efusión (8), y un segundo orificio (25) para el inyector de gas (9), y
 - 40 - unas partes calientes que tienen una temperatura T_{max} superior o igual a una temperatura en la que la tasa de desorción de dicho precursor gaseoso en dichas partes calientes es al menos 1000 veces mayor que la tasa de adsorción de dicho precursor gaseoso, comprendiendo dichas partes calientes del recinto de aislamiento (14):
 - 45 - dicha celda de efusión (8), y
 - dicho inyector de gas (9), comprendiendo dicho inyector de gas (9) unos medios de calentamiento,
- 50 caracterizado porque comprende un panel secundario criogénico (7) y dicha parte lateral del panel criogénico principal (10) que tiene un extremo superior (28), comprendiendo dichas partes frías del recinto de aislamiento (14):
- una primera ala térmica (17) unida a dicho extremo superior (28) de la parte lateral (10) del panel criogénico principal, y
 - 55 - una segunda ala térmica (18) unida a la pared exterior del panel criogénico secundario (7), extendiéndose transversalmente dichas dos alas térmicas (17, 18), rodeando el panel criogénico secundario (7) y estando una cerca de la otra, de tal manera que aislen el área de procesado (2) de la pared superior (5) de la cámara de crecimiento (1).
- 60 2. Aparato de epitaxia de haz molecular según la reivindicación 1, caracterizado porque dichas partes frías del recinto de aislamiento (14) comprenden una cuarta ala térmica (20) colocada en el interior del segundo orificio (24) de la parte inferior del panel criogénico principal (23) y extendiéndose desde dicho orificio (24).
- 65 3. Aparato de epitaxia de haz molecular según cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, caracterizado porque dichas partes calientes del recinto de aislamiento (14) comprenden una tercera ala térmica (19) unida al inyector de gas (9), estando colocada dicha tercera ala térmica (19) entre el segundo orificio (25) de la parte inferior del panel criogénico principal (23) y la superficie interior de la pared inferior (4) de la cámara de crecimiento (1) y rodeando el inyector de

gas (9), de tal manera que aisle el área de procesado (2) de la superficie interior de la pared inferior (4) de la cámara de crecimiento (1).

5 4. Aparato de epitaxia de haz molecular según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque la celda de efusión (8) es apta para evaporar átomos o moléculas de elementos o compuestos del grupo III y el inyector de gas (9) es apto para inyectar un precursor gaseoso que comprende un elemento del grupo V.

10 5. Aparato de epitaxia de haz molecular según la reivindicación 4, caracterizado porque el sustrato es un sustrato de silicio, la celda de efusión (8) es apta para evaporar galio y el inyector de gas (9) es apto para inyectar amoniaco gaseoso.

15 6. Aparato de epitaxia de haz molecular según la reivindicación 5, caracterizado porque la temperatura de dichas partes frías T_{\min} es inferior o igual a -78°C y la temperatura de dichas partes calientes T_{\max} es superior o igual a $+100^{\circ}\text{C}$.

20 7. Aparato de epitaxia de haz molecular según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado porque dicha parte lateral (10) del panel criogénico principal está provista de un orificio (22) para la conexión con los medios de bombeo (11), comprendiendo dichos medios de bombeo (11) un conducto de bombeo (30) que tiene una pared (15), comprendiendo dichas partes frías del recinto de aislamiento (14) un panel criogénico (16), que cubre la superficie interior de la pared (15) del conducto de bombeo (30).

25 8. Aparato de epitaxia de haz molecular según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado porque el recinto de aislamiento (14) cubre al menos el 80% de las superficies interiores de las paredes (3, 4, 5) de la cámara de crecimiento y el conducto de bombeo (30) de los medios de bombeo (11).

30 9. Aparato de epitaxia de haz molecular según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado porque dicha celda de efusión (8) comprende un obturador, comprendiendo dichas partes calientes del recinto de aislamiento (14) dicho soporte de muestras (6) y el obturador de la celda de efusión.

35 10. Aparato de epitaxia de haz molecular según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizado porque el recinto de aislamiento (14) está separado de las paredes (3, 4, 5) de la cámara de crecimiento por un espacio d, de tal manera que el precursor condensado en partes frías de dicho recinto de aislamiento (14) no haga contacto con dichas paredes (3, 4, 5) de la cámara de crecimiento.

11. Aparato de epitaxia de haz molecular según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, caracterizado porque el soporte de muestras (6) se encuentra por debajo del extremo inferior (31) del panel criogénico secundario (7) para limitar o evitar intercambios térmicos entre dicho soporte de muestras (6) y el extremo inferior (31) de dicho panel criogénico secundario (7).

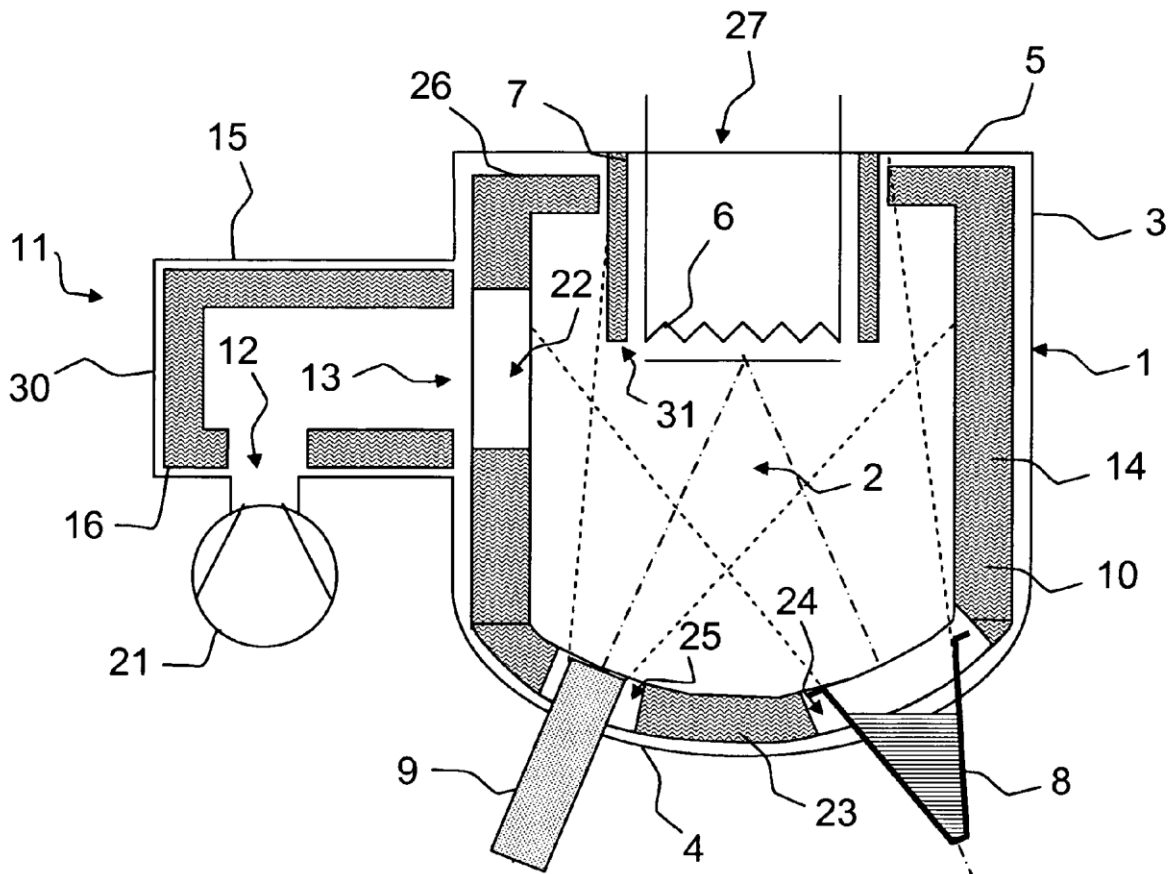


FIGURA 1

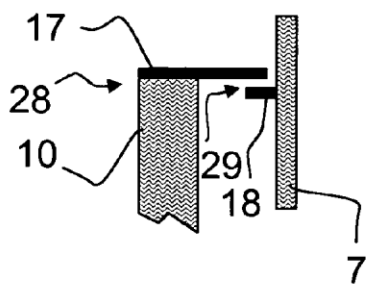


FIGURA 2

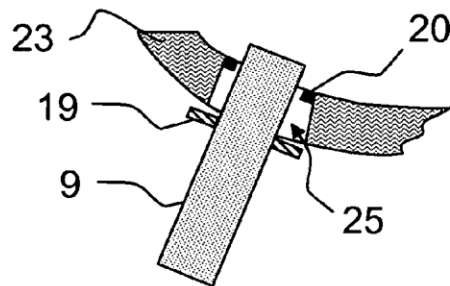


FIGURA 3