

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 528 618**

51 Int. Cl.:

C30B 11/04 (2006.01)

C30B 15/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.07.2011 E 11744038 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.11.2014 EP 2593593**

54 Título: **Procedimiento de dopaje de un material semiconductor**

30 Prioridad:

16.07.2010 FR 1003009

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

11.02.2015

73 Titular/es:

**"APOLLON SOLAR" (50.0%)
66, Cours Charlemagne Immeuble "Le Factory"
69002 Lyon, FR y
SILTRONIX (50.0%)**

72 Inventor/es:

**FORSTER, MAXIME;
FOURMOND, ERWANN;
STADLER, JACKY;
EINHAUS, ROLAND y
LAUVRAY, HUBERT**

74 Agente/Representante:

POLO FLORES, Carlos

ES 2 528 618 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Procedimiento de dopaje de un material semiconductor.

5 Campo técnico de la invención

La invención se refiere a un procedimiento de dopaje de un material semiconductor.

Estado de la técnica

10

En el campo de la electrónica y la fotovoltaica, es importante controlar la cantidad de impurezas dopantes presente en el interior de la matriz cristalina de un material semiconductor.

15 Ante la dificultad para realizar un material semiconductor que comprenda las concentraciones deseadas de impurezas eléctricamente activas, la industria ha decidido eliminarlas para obtener materiales muy poco dopados. Una vez que el material se ha librado de estas impurezas, es conformado y a continuación dopado de nuevo con otras técnicas que garantizan un mejor control del nivel de dopantes.

20 Este método de realización es largo y costoso, ya que requiere eliminar impurezas dopantes que serán reintroducidas a continuación a la concentración deseada.

25 Cuando se desea incorporar dopantes en un material semiconductor, estos dopantes se incorporan, antes de la cristalización, en la carga fundida, o en la carga antes de la etapa de fusión. Sin embargo, tanto en un caso como en el otro, la cantidad final de dopantes en el material semiconductor cristalizado no siempre corresponde a la cantidad depositada en el crisol. Habitualmente se utilizan diferentes métodos de introducción de los dopantes, pero estos métodos están todos asociados a riesgos de contaminación y/o a problemas de control de la cantidad exacta de dopantes incorporados. Del mismo modo, la distribución de los dopantes en el crisol no es homogénea, lo que plantea desigualdades de propiedad eléctrica en el material semiconductor.

30 Objeto de la invención

Se constata que existe una necesidad de prever un procedimiento de dopaje de los materiales semiconductores que sea fácil de implementar, económico y que garantice un buen control de la cantidad de dopantes incorporados.

35 El procedimiento según la invención se caracteriza porque comprende las etapas siguientes:

- Prever un crisol que contiene una carga de dicho material semiconductor,
- Disponer un material dopante en un recipiente sacrificial cerrado, estando el recipiente sacrificial formado por dicho material semiconductor,
- 40 - Fundir el contenido del crisol.

Breve descripción de los dibujos

45 Otras ventajas y características surgirán más claramente de la descripción a continuación de realizaciones particulares de la invención que se dan a modo de ejemplos no limitantes y representadas en los dibujos adjuntos, en los que la figura única representa, en corte de manera esquemática, un crisol que comprende una carga de material semiconductor provisto de un recipiente sacrificial.

Descripción de una realización preferente de la invención

50

Como se ilustra en la figura 1, el crisol 1 comprende un fondo 2 y paredes laterales 3. El crisol 1 se llena con una carga 4 de material semiconductor. El material semiconductor es, por ejemplo, silicio, una aleación de silicio-germanio, SiC, un compuesto binario de tipo III-V o II-VI como GaAs o CdTe o también un compuesto ternario de tipo III-V o II-VI como AlGaAs o HgCdTe.

55

Según el sector tecnológico objetivo, la carga 4 de material semiconductor comprende niveles de impurezas dopantes eléctricamente activas bien definidos. Estos niveles de impurezas están definidos para proporcionar un material semiconductor sólido compatible con la aplicación seleccionada. Para una aplicación de tipo microelectrónica, la carga 4 de material semiconductor está muy débilmente dopada. Para una aplicación de tipo

fotovoltaico, la carga 4 de material semiconductor puede contener más impurezas dopantes. La distribución de las impurezas en la carga 4 es libre antes de la fusión. La carga 4 puede contener material semiconductor muy débilmente dopado al lado de un bloque de material semiconductor dopado más fuertemente. La carga 4 puede contener también uno o varios bloques de material dopante en el interior del crisol 1.

5

Para obtener, al final, la concentración deseada de dopantes en el material cristalizado, la carga 4 es analizada para medir la cantidad de material semiconductor presente, la cantidad de dopantes presentes y la cantidad de impurezas a incorporar. Esta etapa puede realizarse en cualquier momento antes de la fusión de la carga.

- 10 Un recipiente sacrificial 5 cerrado que contiene uno o varios materiales dopantes 6 se coloca en la carga 4 de material semiconductor en el interior del crisol 1. En una realización particular, una pluralidad de recipientes sacrificiales 5 cerrados se introducen en la carga 4. La distribución de los recipientes puede ser cualquiera o seleccionarse para obtener, en cuanto se inicia la fusión, una muy buena homogeneidad. El recipiente sacrificial adicional presente en la carga puede contener el mismo dopante o mezcla de dopantes que el recipiente sacrificial.
- 15 En otra realización, el recipiente sacrificial adicional contiene dopantes diferentes del recipiente sacrificial adicional.

La utilización de varios recipientes 5a, 5b que contienen los mismos dopantes o dopantes diferentes permite favorecer la homogeneidad en la carga fundida. Esto permite también utilizar recipientes 5a, 5b que tienen temperaturas de fusión diferentes y, por lo tanto, incorporar gradualmente los dopantes en la carga o evitar la incorporación simultánea de dos dopantes diferentes. Es interesante entonces utilizar recipientes sacrificiales 5 que presentan, entre sí, temperaturas de fusión diferentes.

- 20 El recipiente 5 es sacrificial, ya que se fundirá para formar parte de la carga 4 en estado líquido que dará el material semiconductor cristalizado. El recipiente sacrificial 5 está formado por un material que forma una parte de la carga 4.
- 25 El material que constituye el recipiente 5 cerrado es, preferentemente, el material semiconductor a fundir. Este material semiconductor puede estar dopado o no. Sin embargo, también es posible formar el recipiente 5 cerrado con otro material, por ejemplo, con una impureza dopante a incorporar.

- 30 En una realización preferente, el recipiente sacrificial 5 está formado en un material que presenta una temperatura de fusión cercana o igual a la temperatura de fusión del constituyente principal de la carga 4 a fundir. De esta manera, el recipiente sacrificial 5 no se degrada antes de que una cantidad suficiente de material fundido proveniente de la carga 4 lo rodee y/o lo corone.

- 35 Preferentemente, las dimensiones del recipiente sacrificial 5 también se seleccionan de manera que la liberación del material dopante 6 tenga lugar cuando una cantidad suficiente de material fundido esté presente. Las dimensiones del recipiente dependen de la granulometría del dopante. Preferentemente, el volumen del recipiente 5 está comprendido entre varios milímetros cúbicos y varios centímetros cúbicos. Sin embargo, pueden utilizarse dimensiones superiores incluso si se vuelve preferible trabajar con varios recipientes 5.

- 40 Una vez colocada la carga 4 de material semiconductor en el crisol 1 con el recipiente cerrado 5 que contiene uno o varios dopantes, la carga 4 se funde. El recipiente sacrificial 5 también se funde, lo que libera los dopantes 6 colocados en el interior del recipiente 5. De esta manera, las impurezas dopantes 6 se incorporan en el baño fundido en el interior del crisol 1. Todo el contenido del crisol 1 se funde y sirve para formar el material semiconductor cristalizado.

45

La utilización de un recipiente sacrificial 5 cerrado que contiene al menos una impureza dopante 6 es particularmente ventajosa. La impureza dopante 6 puede estar en estado de cuerpo puro o de aleación.

- 50 Cuando el recipiente sacrificial 5 presenta una temperatura de fusión idéntica o prácticamente idéntica a la del resto de la carga 4, el material dopante 6 se incorpora directamente en la carga 4 fundida. Esto reduce fuertemente los problemas de evaporación de los materiales dopantes durante la rampa de temperatura del crisol 1, por ejemplo cuando deben incorporarse dopantes que presentan una temperatura de fusión inferior a la del material semiconductor que constituye la carga. Esta realización puede mejorarse haciendo hermético al recipiente sacrificial 5.

55

La utilización de un recipiente hermético es aún más ventajosa cuando el crisol 1 se dispone en un recinto 7 a presión subatmosférica e incluso al vacío. A modo de ejemplo, esta realización es particularmente ventajosa cuando la presión de trabajo está comprendida entre la presión atmosférica y 10^{-5} mbar. El trabajo a baja presión es difícil incluso imposible cuando se busca incorporar dopantes 6 que tienen una presión de vapor saturante elevada, por

ejemplo galio o fósforo.

Es entonces posible realizar un ascenso de temperatura de la carga 4 a presión reducida, típicamente en el intervalo de presión descrito anteriormente, para eliminar las impurezas parásitas y realizar a continuación la fusión a una presión más elevada para evitar la evaporación de las impurezas dopantes 6 introducidas voluntariamente en la carga 4.

Como las impurezas dopantes 6 se introducen directamente en el baño fundido, su incorporación en el material semiconductor está mejor controlada. Esto da como resultado una mayor precisión en la cantidad de dopantes presente en el material final, ya que las pérdidas se reducen, y una mayor homogeneidad de los dopantes en el interior del baño fundido y, por lo tanto, del material cristalizado. Además, estando las impurezas dopantes 6 incorporadas en el crisol 1 antes de la etapa de fusión, ya no es necesario introducirlas durante el procedimiento de fusión, lo que elimina los riesgos de contaminación durante la introducción de las impurezas, por ejemplo por medio de un bastón. Esto permite también una simplificación de los equipos utilizables para realizar la fusión de la carga 4.

Un recipiente sacrificial 5 que contiene dopantes 6 puede utilizarse en un gran número de tecnologías en las que encontramos la introducción de un material sólido en un crisol, la fusión de este material sólido y su solidificación. Los dopantes convencionales de los materiales semiconductores pueden introducirse en el recipiente sacrificial 5, por ejemplo, boro, fósforo, galio, indio y germanio. De manera ventajosa, los dopantes que presentan un punto de fusión bajo con respecto al resto de la carga y/o una presión de vapor saturante incompatible con el procedimiento de fusión son encapsulados en el recipiente 5.

El recipiente sacrificial 5 se realiza mediante cualquier técnica adaptada, por ejemplo, mediante perforación de un bloque de material semiconductor que constituye la carga 4 o por medio de otra técnica de maquinado.

El recipiente sacrificial 5 puede estar formado por un material puro, una aleación o un material dopado. El dopante 6 contenido en el recipiente sacrificial 5 es un material diferente al del recipiente. Preferentemente, el dopante 6 es un material puro o prácticamente puro.

En una realización preferente, el recipiente sacrificial 5 está dispuesto en el interior de la carga 4 en lugar de en contacto con el fondo 2, las paredes laterales 3 y la cúspide de la carga. Aún más preferentemente, el recipiente sacrificial 5 está dispuesto entre el tercio superior y el tercio inferior de la carga 4 a fundir. Esto permite obtener una fusión retardada del recipiente sacrificial 5 con respecto a la carga 4. También es posible disponer el recipiente en el tercio inferior para evitar que el recipiente sobrenade demasiado fácilmente.

En una variante de realización, el recipiente sacrificial o los recipientes sacrificiales se introducen en la carga después de la etapa de fusión. De esta manera, los dopantes se introducen después de la fusión de la carga. Como en las realizaciones diferentes, los recipientes pueden incorporar dopantes diferentes entre sí o diferentes mezclas de dopantes para evitar reacciones parásitas. El recipiente permite una mejor introducción del dopante en medio de la carga antes de pasar a estado fundido.

En la medida en la que la cantidad de dopantes perdida por evaporación se reduce, es posible obtener un material semiconductor cristalizado cuya concentración de dopantes aportados es muy reducida y está muy bien controlada.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de dopaje de un material semiconductor, **caracterizado porque** comprende las etapas siguientes:
- 5
- Prever un crisol (1) que contiene una carga (4) de dicho material semiconductor,
 - Disponer un material dopante (6) en un recipiente sacrificial (5) cerrado, estando el recipiente sacrificial (5) formado por dicho material semiconductor,
 - Introducir el recipiente (5) en el crisol (1)
- 10 - Fundir el contenido del crisol (1).
2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el recipiente sacrificial (5) cerrado es hermético.
- 15 3. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 y 2, **caracterizado porque** el crisol (1) está dispuesto en un recinto (7) que trabaja a presión subatmosférica.
4. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado porque** el recipiente sacrificial (5) cerrado está dispuesto en el tercio inferior de la carga (4) de material semiconductor.
- 20 5. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado porque** comprende la utilización de un recipiente sacrificial (5a, 5b) adicional.
6. Procedimiento según la reivindicación 5, **caracterizado porque** el recipiente sacrificial (5a) y el
- 25 recipiente sacrificial (5b) adicional presentan temperaturas de fusión diferentes.

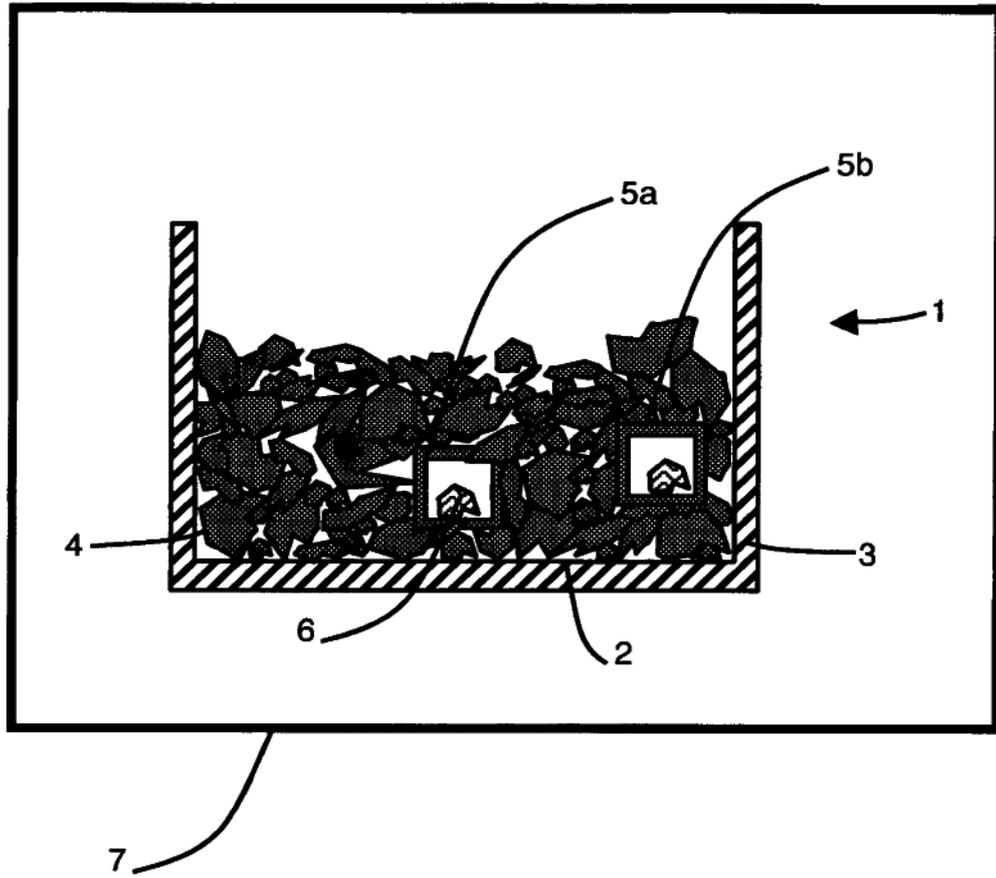


Figura 1