

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 374 901**

51 Int. Cl.:  
**H01L 21/329** (2006.01)  
**H01L 29/06** (2006.01)  
**H01L 29/32** (2006.01)  
**H01L 29/861** (2006.01)  
**H01L 29/36** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **09175421 .8**  
96 Fecha de presentación: **09.11.2009**  
97 Número de publicación de la solicitud: **2320452**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **11.05.2011**

54 Título: **DIODO DE RECUPERACIÓN RÁPIDA Y MÉTODO DE FABRICARLO.**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**23.02.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**23.02.2012**

73 Titular/es:  
**ABB Technology AG**  
**Affolternstrasse 44**  
**8050 Zürich, CH**

72 Inventor/es:  
**Vobecky, Jan;**  
**Hemmann, Kati;**  
**Duran, Hamit y**  
**Rahimo, Munaf**

74 Agente: **Ungría López, Javier**

**ES 2 374 901 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**

Diodo de recuperación rápida y método de fabricarlo

**5 Campo técnico**

La invención se refiere al campo de la potencia electrónica y más en concreto a un diodo de recuperación rápida, en particular para dispositivos con voltaje de ruptura superior a 2,5 kV, y a un método para fabricar dicho diodo de recuperación rápida.

10

**Antecedentes de la invención**

Un diodo de la técnica anterior incluye una capa base dopada n con un lado de cátodo y un lado de ánodo opuesto al lado de cátodo. En el lado de ánodo se ha dispuesto una capa de ánodo dopada p, y encima de la capa de ánodo dopada p se ha dispuesto una capa de metal que funciona como un electrodo de ánodo. En el lado de cátodo se ha dispuesto una capa amortiguadora de cátodo dopada (n+) más alta. Una capa de metal en forma de un electrodo de cátodo está dispuesta encima de la capa amortiguadora de cátodo dopada (n+).

15

La figura 1 representa el perfil de dopado de una capa de ánodo dopada p de la técnica anterior 5, que incluye dos capas secundarias 56, 57. La capa secundaria 56 es una capa difundida de boro o galio, que tiene una concentración de dopado máxima alta 565 de alrededor de  $1 \cdot 10^{18}/\text{cm}^3$  o más alta. Otra capa secundaria con una profundidad de capa secundaria más alta 570 que la otra capa secundaria y una concentración de dopado máxima más baja es una capa difundida de aluminio. Debido a la concentración de dopado máxima alta 565, el perfil de dopado disminuye muchísimo a la profundidad de capa secundaria 570.

20

25

Bajo recuperación inversa rápida con cambios de corriente pronunciados (alto di/dt), la zona de operación segura (SOA) de diodos de recuperación rápida está seriamente limitada por ruptura de avalancha dinámica. Ésta es la ruptura de avalancha cuando el campo eléctrico es fuertemente incrementado por portadoras libres que pasan a través de la región de campo eléctrico alto con velocidad de saturación. El adjetivo dinámico refleja el hecho de que esto tiene lugar durante la operación transitoria del dispositivo [S. Linder, Power Semiconductors, EPFL Press, 2006]. Con recuperación di/dt creciente, la avalancha dinámica es más fuerte y da lugar a un fallo de dispositivo a voltajes de suministro muy inferiores en comparación con el voltaje de ruptura estático.

30

Los métodos para la supresión de la avalancha dinámica se basan en una conformación apropiada de la distribución de plasma de estado activado en la capa base n de diodos por medio de control de duración. Esto se puede hacer por irradiación de protones o helio pico de defecto único combinada con irradiación de electrones o difusión de metal pesado, irradiación de protones o helio pico de defectos múltiples o combinación de irradiación de protones o helio. También una eficiencia de inyección de ánodo controlada y baja combinada con control de duración es una forma posible de suprimir la avalancha dinámica.

35

40

Los métodos antes mencionados se usan ampliamente en la práctica. Sin embargo, quitan el efecto disminuyendo la cantidad de portadoras libres que pasan a través de la región de campo eléctrico alto y no la causa, que es el campo eléctrico alto. Un método que suprime el origen de avalancha dinámica y pospone su aparición hacia voltajes de suministro más altos se basa en la introducción de una capa de tipo p dopada baja soterrada gruesa, que se crea por irradiación de iones paladio de alta energía seguida de un paso de difusión, y dicha capa está conectada a una capa p de ánodo (Vobecky y colaboradores, Radiation-Enhanced Diffusion of Palladium for a Local Lifetime Control in Power Devices, IEEE Transactions on Electron Devices, Vol.54, 1521-1526). La capa p tiene una concentración muy baja de receptores que suaviza el campo eléctrico máximo en la unión de ánodo que es responsable de la ionización de impacto que da lugar a la ruptura de avalancha. El efecto beneficioso de esta capa aumenta con el grosor creciente mientras la concentración se mantiene lo más cerca posible de la del dopado de capa base n. Sin embargo, este método requiere irradiación de iones de alta energía, para la que se precisan aparatos especiales. Además, la concentración de la capa tipo P soterrada depende de la calidad de superficie del ánodo. Para pastillas de gran diámetro, este método es de aplicación muy delicada, porque una distribución homogénea de la temperatura durante el recocido, requerido para una capa p controlada, es difícil de lograr. También hay riesgo de contaminación durante el proceso de fabricación debido al uso de paladio.

45

50

55

**Descripción de la invención**

Un objeto de la invención es proporcionar un diodo de recuperación rápida, en el que la avalancha dinámica tiene lugar a voltajes más altos y el voltaje de ruptura estático se incrementa con respecto a los dispositivos de la técnica anterior.

60

Este objeto se logra con un diodo según la reivindicación 1 y con un método de fabricación de dicho diodo según la reivindicación 7.

65

El diodo de recuperación rápida de la invención incluye una capa base dopada n con un lado de cátodo y un lado de

ánodo opuesto al lado de cátodo. En el lado de ánodo se ha dispuesto una capa de ánodo dopada p y encima de la capa de ánodo, es decir en el lado opuesto a la capa base, está situado un electrodo de ánodo, típicamente en forma de una capa de metal. La capa de ánodo incluye al menos dos capas difundidas de aluminio secundarias, donde una primera capa secundaria tiene una primera concentración de dopado máxima, que está entre  $2 * 10^{16} \text{ cm}^{-3}$  y  $2 * 10^{17} \text{ cm}^{-3}$  y la primera concentración de dopado máxima es más alta que la concentración de dopado máxima de cualquier otra capa secundaria. La capa de ánodo incluye además una última capa secundaria con una profundidad de capa secundaria última, que es mayor que cualquier otra profundidad de capa secundaria de todas las capas secundarias, donde la profundidad de capa secundaria última es entre 90 y 120  $\mu\text{m}$ . Cada capa secundaria tiene un perfil de dopado. El perfil de dopado de la capa de ánodo está compuesto por los perfiles de dopado de todas las capas secundarias de tal manera que se alcance una concentración de dopado en un rango de  $5 * 10^{14} \text{ cm}^{-3}$  y  $1 * 10^{15} \text{ cm}^{-3}$  entre una primera profundidad, que es al menos 20  $\mu\text{m}$ , y una segunda profundidad, que es de 50  $\mu\text{m}$  como máximo, preferiblemente 40  $\mu\text{m}$ .

Dicho perfil de dopado permite proporcionar un diodo de recuperación rápida, en el que el campo eléctrico se reduce a un voltaje inverso dado en comparación con los dispositivos de la técnica anterior, y, así, la avalancha dinámica se puede posponer hacia voltajes de suministro más altos. El perfil de dopado es especialmente ventajoso para un diodo de recuperación rápida con voltaje de ruptura superior a 2,5 kV.

A diferencia de los métodos de la técnica anterior, en los que se introduce una capa de defecto por irradiación con protones, electrones o difusión de metal pesado, en el diodo de la invención se debilita la causa de la avalancha, es decir, el campo eléctrico alto, y por ello también se incrementa el voltaje de ruptura estático. Al mismo tiempo se obtienen una eficiencia baja y controlada de inyección de emisión y un control de duración apropiado. En los diodos de la invención, las capas de defecto también se usan para controlar la duración. Además, se prevé suprimir la avalancha dinámica. Todos estos efectos contribuyen a hacer diodos más robustos.

El método para fabricar el diodo de la invención también es superior a los métodos de la técnica anterior para la producción de diodos de potencia alta discreta. No hay irradiación de iones de alta energía para crear el perfil óptimo de dopado de ánodo, que no se puede obtener fácilmente en fábrica, necesario en el método novedoso.

El proceso de fabricación de la invención no incluye requisitos especiales de material para la fabricación, que podría implicar un manejo delicado durante la fabricación. Como no se usan materiales críticos, no hay riesgo de contaminación durante la fabricación. Como la pendiente creada de perfil de dopado de la capa de ánodo es suave, no hay requisitos especiales en la superficie de lado de ánodo de la pastilla. Además, el proceso de la invención es un proceso de fácil realización, que también permite la creación de pastillas de grandes dimensiones.

El diodo de la invención puede ser usado ventajosamente como un diodo de libre rotación o fijación en IGCT (tiristor conmutado de puerta integrada) o un diodo de libre rotación en aplicaciones de IGBT (transistor bipolar de puerta aislada).

Otras variantes y realizaciones preferidas se describen en las reivindicaciones de patente dependientes.

### Breve descripción de los dibujos

La materia de la invención se explicará con más detalle en el texto siguiente con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

La figura 1 representa una concentración de dopado de la capa de ánodo en un diodo de recuperación rápida de la técnica anterior.

La figura 2 representa una concentración de dopado de la capa de ánodo en un diodo de recuperación rápida según la invención.

La figura 3 representa una concentración de dopado de la capa de ánodo en otro diodo de recuperación rápida según la invención.

La figura 4 representa una sección transversal de un diodo según la invención.

La figura 5 representa la terminación de borde de otro diodo según la invención.

La figura 6 representa la terminación de borde de otro diodo según la invención.

La figura 7 representa una vista detallada de la concentración de dopado de la primera capa secundaria en otro diodo según la invención.

Y la figura 8 representa una concentración de dopado de la capa de ánodo en un diodo de recuperación rápida con una capa de defecto según la invención.

Los símbolos de referencia usados en las figuras y su significado se resumen en la lista de símbolos de referencia. Generalmente, las partes análogas o de función análoga reciben los mismos símbolos de referencia. Las realizaciones descritas se entienden como ejemplos y no limitarán la invención.

5

### Modos de llevar a la práctica la invención

La figura 4 representa un diodo de recuperación rápida de la invención 1 incluyendo una pastilla 23, la parte de dicha pastilla con dopado no corregido durante el proceso de fabricación forma una capa base dopada n 2 con un lado de cátodo 21 y un lado de ánodo 22 opuesto al lado de cátodo 21. La capa base 2 tiene una concentración de dopado baja. En el lado de cátodo 21 se puede disponer opcionalmente una capa amortiguadora de cátodo dopada n 7. En el caso del diodo 1 que tiene dicha capa amortiguadora de cátodo 7, esta capa tiene un dopaje más alto que la capa base dopada n 2. Una capa de metal como un electrodo de cátodo 3 está dispuesta encima de la capa amortiguadora de cátodo 7 en el lado opuesto a la capa base 2. Para un dispositivo sin una capa amortiguadora de cátodo 7, el electrodo de cátodo 3 está dispuesto directamente encima de la capa base 2.

Una capa de metal como un electrodo de ánodo 4 está dispuesta en el lado de ánodo 22 de la pastilla. Una capa de ánodo dopada p 5 está dispuesta en el lado de ánodo 22 entre la capa base 2 y el electrodo de ánodo 4. La capa de ánodo 5 representada en la figura 2 incluye dos capas secundarias 51, 52, donde una primera capa secundaria 51 tiene una primera concentración de dopado máxima 515, que es entre  $2 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-3}$  y  $2 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-3}$  y que es más alta que la concentración de dopado máxima de la otra capa secundaria 52 (o cualquier otra capa secundaria). La última capa secundaria 52 tiene una profundidad de capa secundaria última 520, que es mayor que la primera profundidad de capa secundaria 51 (o cualquier otra profundidad de capa secundaria). Esta profundidad de capa secundaria última 520 es entre 90 y 120  $\mu\text{m}$ . Las capas secundarias 51, 52 están dispuestas paralelas al lado de ánodo 22.

La capa de ánodo 5 en la figura 2 tiene un perfil de dopado, que está compuesto por los perfiles de dopado de todas las capas secundarias, es decir, las concentraciones de dopado de todas las capas secundarias para cada profundidad. El perfil de dopado de la capa de ánodo procede de tal manera que entre una primera profundidad 54, que es al menos 20  $\mu\text{m}$ , y una segunda profundidad 55, que es 50  $\mu\text{m}$  como máximo, se alcance una concentración de dopado en un rango de  $5 \cdot 10^{14} \text{ cm}^{-3}$  y  $1 \cdot 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ .

Las dos capas secundarias 51, 52 son capas difundidas de aluminio. Solamente el aluminio permite la creación de tales capas secundarias tan profundas en la pastilla de silicio, por lo que se crea un gradiente suave de la concentración de dopado de capa de ánodo sobre la profundidad reivindicada.

En una realización ejemplar la primera profundidad 54 es al menos 30  $\mu\text{m}$ . En otra realización ejemplar la segunda profundidad 55 es como máximo 40  $\mu\text{m}$ .

Las profundidades se miden desde la superficie de lado de ánodo de la capa de ánodo 5.

El dispositivo puede incluir una primera capa secundaria 51 con una primera concentración de dopado máxima 515, máximo que se logra dentro de una cierta profundidad de la superficie de pastilla en el lado de ánodo (véase por ejemplo la figura 7) o la primera concentración de dopado máxima 515 puede estar presente en la superficie de la pastilla, reduciendo por ello el grosor del dispositivo.

El diodo de la invención puede incluir una capa de ánodo 5, que consta de dos capas secundarias, una primera y una última capa secundaria 51, 52 como se representa en la figura 2, pero, alternativamente, la capa de ánodo 5 puede incluir más capas secundarias como se representa en la figura 3 para una capa de ánodo 5, que incluye, por ejemplo, tres capas secundarias 51, 52, 53. Naturalmente, la capa de ánodo 5 también puede incluir más de tres capas secundarias 51, 52, 53. Tales capas secundarias intermedias 53 tienen profundidades de capa secundaria, que están situadas entre la primera profundidad de capa secundaria y la profundidad de capa secundaria última 520. En cualquier caso, la profundidad de capa secundaria última es mayor que cualquier otra profundidad de capa secundaria de las al menos dos capas secundarias.

La concentración de dopado máxima de una capa secundaria con una mayor profundidad de capa secundaria siempre es inferior a las concentraciones de dopado máximas de los capas secundarias con una profundidad de capa secundaria inferior. Como resultado, el perfil de dopado de la capa de ánodo 5 disminuye con una profundidad mayor desde la superficie de pastilla. En la región de solapamiento entre dos capas secundarias puede haber una zona corta, en la que el perfil de dopado se eleva hasta que se alcanza la concentración de dopado máxima de la capa secundaria más profunda, pero la tendencia general del perfil de dopado es que disminuye con la distancia desde la superficie de lado de ánodo de la pastilla.

Como se representa en la figura 8, el diodo de la invención 1 puede incluir además una capa de defecto 6 con un pico de defecto, que está dispuesta a una profundidad más allá de la profundidad, en la que una concentración de dopado disminuye a un valor por debajo de  $1 \cdot 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ , y menor que la segunda profundidad (55). En esta profundidad el pico de defecto está fuera de la región de carga de espacio de modo que la corriente de fuga no se

65

incremente. Teniendo el gradiente de concentración de dopado muy bajo (perfil de dopado plano) la pastilla es menos sensible a los cambios de la energía de irradiación o a cualquier aspereza de la superficie de la pastilla con el fin de crear la capa de defecto que haga reproducible el punteado del plasma de estado activado (electrones y agujeros con una concentración similar mucho más alta que capa base dopada n) al perfil de dopado de ánodo y por lo tanto reproducible la caída de voltaje directo y la robustez en recuperación inversa rápida.

A profundidades menores el perfil de dopado es más pronunciado y, por lo tanto, habría que controlar muy estrictamente la profundidad y también la necesaria concentración de defectos de la capa de defecto. Al mismo tiempo, el plasma de electrón-hueco se enclavaría a una concentración de dopado más alta y así la robustez del dispositivo sería inferior.

Como se representa en la figura 5, el diodo de la invención puede tener opcionalmente terminaciones de borde conocidas en la técnica anterior como biseles positivos, lo que significa que el diodo 1 tiene una anchura menor en el lado de cátodo 21 que en el lado de ánodo 22, o biseles negativos, como se representa en la figura 6, lo que significa que el diodo 1 tiene una anchura mayor en el lado de cátodo 21 que en el lado de ánodo 22. La anchura del dispositivo es la distancia entre los lados laterales del dispositivo, mientras que los lados laterales son los lados entre el lado de cátodo y el lado de ánodo 21, 22. El diodo 1 también puede estar terminado por aros protectores o VLD (variación de dopado lateral).

Para dispositivos con un bisel positivo o negativo, hay un ángulo del lado lateral de una pastilla, lado que está dispuesto entre el cátodo y el lado de ánodo, ángulo que es diferente de 90°. En el caso de un bisel positivo, el ángulo medido desde el lado de cátodo dentro del silicio es mayor que 90°, para un bisel negativo, el ángulo medido dentro del silicio es mayor que 90° medido en el lado de ánodo. Con un bisel negativo, el campo eléctrico se puede reducir en el bisel en una longitud grande debido a un gradiente pequeño de concentración de dopado, lo que es ventajoso en el mayor bloqueo estático del dispositivo. Este efecto se mejora más por el perfil de dopado de la invención. Las ventajas de la terminación de bisel son la fácil fabricación de diodos discretos y una menor corriente de fuga en comparación con los aros protectores y VLD.

Para fabricar un diodo de recuperación rápida de la invención, se llevan a cabo los pasos de fabricación siguientes. Se facilita una pastilla dopada n 23 con un lado de cátodo 21 y un lado de ánodo 22 opuesto al lado de cátodo 21. Una capa de ánodo dopada p 5, que incluye en una realización ejemplar dos capas secundarias 51, 52 en el diodo finalizado 1, está dispuesta en el lado de ánodo 22. Las capas secundarias están dispuestas paralelas al lado de ánodo 22. Cada capa secundaria 51, 52 se crea aplicando iones aluminio en el lado de ánodo 22 y difundiendo posteriormente los iones aluminio a la pastilla 23, creando por ello una capa secundaria con una profundidad de capa secundaria y una concentración de dopado máxima.

Se crea una primera capa secundaria 51 con una primera concentración de dopado máxima 515, que es entre  $2 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-3}$  y  $2 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-3}$  y que es más alta que la concentración de dopado máxima de cualquier otra capa secundaria 52, 53. Se crea una última capa secundaria 52 con una profundidad de capa secundaria última 520, que es mayor que cualquier otra profundidad de capa secundaria, donde la profundidad de capa secundaria última 520 es entre 90 y 120  $\mu\text{m}$ . Las concentraciones de dopado y las profundidades de capa secundaria de las dos capas secundarias 51, 52 se eligen de tal manera que el perfil de dopado de la capa de ánodo disminuya a un valor en el rango de  $5 \cdot 10^{14} \text{ cm}^{-3}$  y  $1 \cdot 10^{15} \text{ cm}^{-3}$  entre una primera profundidad, que es al menos 20  $\mu\text{m}$ , y una segunda profundidad 55, que es 50  $\mu\text{m}$  como máximo, preferiblemente 40  $\mu\text{m}$ . Los iones aluminio para la creación de las capas secundarias pueden ser aplicados por deposición superficial o por implante iónico. Posteriormente los iones aluminio son difundidos a la pastilla a la profundidad deseada.

Dependiendo del método para aplicar los iones aluminio sobre la superficie de pastilla, los iones son depositados solamente en un lado, es decir, el lado de ánodo 22 (como en el método de implante iónico) o en ambos lados de la pastilla (lado del ánodo y cátodo 21, 22 como en un método de deposición superficial). En el caso de aplicación en dos lados, los iones en el lado de cátodo 21 se quitan, por ejemplo, por ataque químico o pulido, y posteriormente los iones son introducidos solamente en el lado de ánodo. Los procesos de lado de cátodo en la pastilla se llevan a cabo típicamente después de acabar la introducción de los átomos de aluminio. Las capas metálicas para el electrodo de cátodo y ánodo 3, 4 se depositan típicamente en el lado de cátodo y ánodo 21, 22 después de finalizar las capas en la pastilla. Se puede crear una capa o capas de defecto 6 incluso después de la creación de las capas metálicas como electrodos 3, 4.

Alternativamente a un diodo de recuperación rápida de la invención con una capa de ánodo 5 que consta de dos capas secundarias 51, 52, la capa de ánodo 5 puede incluir una pluralidad de capas secundarias, por ejemplo tres capas secundarias 51, 52, 53 o más. En cualquier caso, la primera capa secundaria 51 es la capa secundaria con la concentración de dopado máxima más alta y la última capa secundaria 52 es la capa secundaria con la mayor profundidad de todas las capas secundarias.

Todas las capas secundarias se crean de tal forma que una capa secundaria, que tiene una mayor profundidad de capa secundaria, tenga una concentración de dopado máxima más baja que las capas secundarias con una profundidad de capa secundaria más baja.

5 Cuando el aluminio se difunde en todas las direcciones, parte de los iones aluminio también se difunden fuera de la pastilla durante el paso de difusión. Por lo tanto, la primera capa secundaria 51 tiene típicamente una primera concentración de dopado máxima 515, que está situada a alguna profundidad desde el lado de ánodo 22 (véase la figura 7, que es una vista detallada de la concentración de dopado alrededor de la concentración de dopado máxima de la figura 2). Después de haber difundido los iones aluminio a la pastilla 23, es posible quitar la parte de la primera capa secundaria 51, que está dispuesta entre la superficie de lado de ánodo de la pastilla y la concentración de dopado máxima de la primera capa secundaria. Dicha parte se puede quitar parcialmente 517 o completamente 518 (quitar la parte izquierda de la línea de trazos 518 en la figura 7 da lugar a una extracción completa de la parte, que está dispuesta entre la superficie y la primera concentración de dosis máxima 515. Para una extracción parcial, por ejemplo, se quita la parte izquierda de la línea de puntos 517). La extracción 517, 518 de una parte de la primera capa secundaria 51 se efectúa típicamente por ataque químico, rectificado o cualquier otro método apropiado, por el que se quite material del lado de ánodo de la pastilla, dichos métodos son conocidos por los expertos en la técnica.

10

15 El diodo de la invención también puede incluir una capa de defecto 6 (figura 8). Para la creación de dicha capa de defecto 6, la pastilla 23 es irradiada en el lado de ánodo 22 con iones luminosos. La energía de irradiación de estos iones se elige de tal manera que se cree una capa de defecto 6 con un pico de defecto, que está dispuesto a una profundidad más allá de la profundidad, en el que se alcanza una concentración de dopado por debajo de  $1 \cdot 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ , y menor que la segunda profundidad (55), es decir a una profundidad fuera de la región de carga de espacio.

20 Típicamente, se usan protones o helio como iones para la creación de la capa de defecto 6.

**Lista de referencias**

25	Diodo	1
	Capa base	2
	Lado de cátodo	21
30	Lado de ánodo	22
	Pastilla	23
35	Electrodo de cátodo	3
	Electrodo de ánodo	4
	Capa de ánodo	5
40	Primera capa secundaria	51
	Primera concentración de dopado máxima	515
45	Extracción parcial	517
	Extracción completa	518
	Última capa secundaria	52
50	Profundidad de capa secundaria última	520
	Segunda capa secundaria	53
55	Primera profundidad	54
	Segunda profundidad	55
	Capa secundaria	56

## ES 2 374 901 T3

	Concentración de dopado máxima de capa secundaria 56	565
	Capa secundaria	57
5	Profundidad de capa secundaria 57	570
	Capa de defecto	6
10	Capa amortiguadora de cátodo	7

## REIVINDICACIONES

1. Diodo de recuperación rápida (1) incluyendo

5 una capa base dopada n (2) con un lado de cátodo (21) y un lado de ánodo (22) opuesto al lado de cátodo (21),

una capa de ánodo dopada p (5) en el lado de ánodo (22),

10 teniendo la capa de ánodo (5) un perfil de dopado e incluyendo al menos dos capas secundarias (51, 52, 53), que están dispuestas paralelas al lado de ánodo (22), donde

15 las al menos dos capas secundarias (51, 52, 53) incluyen una primera capa secundaria (51) y una última capa secundaria (52), la última capa secundaria (52), la primera capa secundaria (51) tiene una primera concentración de dopado máxima (515), que es entre  $2 * 10^{16} \text{ cm}^{-3}$  y  $2 * 10^{17} \text{ cm}^{-3}$  y la primera concentración de dopado máxima es más alta que la concentración de dopado máxima de cualquier otra capa secundaria (52, 53) de las al menos dos capas secundarias (51, 52, 53),

20 la última capa secundaria (52) con una profundidad de capa secundaria última (520), la profundidad de capa secundaria última (520) es mayor que cualquier otra profundidad de capa secundaria (54, 55), donde la profundidad de capa secundaria última (520) es entre 90 y 120  $\mu\text{m}$ ,

25 donde el perfil de dopado de la capa de ánodo (5) disminuye de tal manera que se alcance una concentración de dopado en un rango de  $5 * 10^{14} \text{ cm}^{-3}$  y  $1 * 10^{15} \text{ cm}^{-3}$  entre una primera profundidad (54), que es al menos 20  $\mu\text{m}$ , y una segunda profundidad (55), que está a 50 máximo y donde

las al menos dos capas secundarias (51, 52, 53) son capas difundidas de aluminio.

2. Diodo (1) según la reivindicación 1, **caracterizado** porque la primera profundidad (54) es al menos 30  $\mu\text{m}$ .

30 3. Diodo (1) según la reivindicación 1 o 2, **caracterizado** porque la segunda profundidad (55) es como máximo 40  $\mu\text{m}$ .

35 4. Diodo (1) según la reivindicación 1 a 3, **caracterizado** porque el diodo (1) tiene una anchura mayor en el lado de cátodo (21) que en el lado de ánodo (22).

5. Diodo (1) según la reivindicación 1 a 3, **caracterizado** porque el diodo (1) tiene una anchura menor en el lado de cátodo (21) que en el lado de ánodo (22).

40 6. Diodo (1) según la reivindicación 1 a 5, **caracterizado** porque una capa de defecto (6) que tiene un pico de defecto está dispuesta paralela al lado de ánodo con el pico de defecto a una profundidad más allá de la profundidad, es la más próxima a la capa base (2), en la que la concentración de dopado de la capa de ánodo cae por debajo de  $1 * 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ , y es menor que la segunda profundidad (55).

45 7. Método para fabricar un diodo de recuperación rápida (1),

incluyendo el método los pasos de fabricación siguientes:

50 se facilita una pastilla dopada n (23) con un lado de cátodo (21) y un lado de ánodo (22) opuesto al lado de cátodo (21),

una capa de ánodo dopada p (5), que tiene un perfil de dopado e incluye al menos dos capas secundarias (51, 52, 53) en el diodo finalizado (1), está dispuesta en el lado de ánodo (22),

55 las al menos dos capas secundarias (51, 52, 53) incluyen al menos una primera capa secundaria (51) y una última capa secundaria (52),

y cada capa secundaria (51, 52, 53) se crea aplicando iones aluminio en el lado de ánodo (22) de la pastilla (23) y posteriormente

60 difundiendo los iones aluminio a la pastilla (23), creando por ello la capa secundaria (51, 52, 53) con una profundidad de capa secundaria y una concentración de dopado máxima, donde la primera capa secundaria (51) se crea con una primera concentración de dopado máxima (515), que es entre  $2 * 10^{16} \text{ cm}^{-3}$  y  $2 * 10^{17} \text{ cm}^{-3}$  y

65 que es más alta que la concentración de dopado máxima de cualquier otra capa secundaria (52, 53),

la última capa secundaria (52) se crea con una profundidad de capa secundaria última (520), que es mayor que

cualquier otra profundidad de capa secundaria, donde la profundidad de capa secundaria última (520) es entre 90 y 120  $\mu\text{m}$ , y

5 las concentraciones de dopado y las profundidades de capa secundaria de las al menos dos capas secundarias (51, 52, 53) se eligen de tal manera que el perfil de dopado de la capa de ánodo (5) disminuya a un valor en un rango de  $5 * 10^{14} \text{ cm}^{-3}$  y  $1 * 10^{15} \text{ cm}^{-3}$  entre una primera profundidad (54), que es al menos 20  $\mu\text{m}$ , y una segunda profundidad (55), que es 50  $\mu\text{m}$  como máximo.

10 8. Método según la reivindicación 7, **caracterizado** porque

la pastilla (23) es irradiada en el lado de ánodo (22) con iones con el fin de crear una capa de defecto (6),

15 donde la energía de irradiación se elige de tal manera que el pico de defecto esté dispuesto a una profundidad más allá de la profundidad a la que la concentración de dopado de la capa de ánodo disminuye por debajo de  $1 * 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ , y es menor que la segunda profundidad (55).

9. Método según la reivindicación 8, **caracterizado** porque los iones para la creación de la capa de defecto (6) son protones o helio.

20 10. Método según la reivindicación 7, **caracterizado** porque

después de haber difundido los iones aluminio a la pastilla (23), la parte de la primera capa secundaria (51) que está dispuesta entre la superficie de pastilla en el lado de ánodo y la primera concentración de dopado máxima (515) se quita parcial o completamente.

25 11. Diodo (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6 para uso en un tiristor conmutado de puerta integrada o una aplicación de transistor bipolar de puerta aislada.

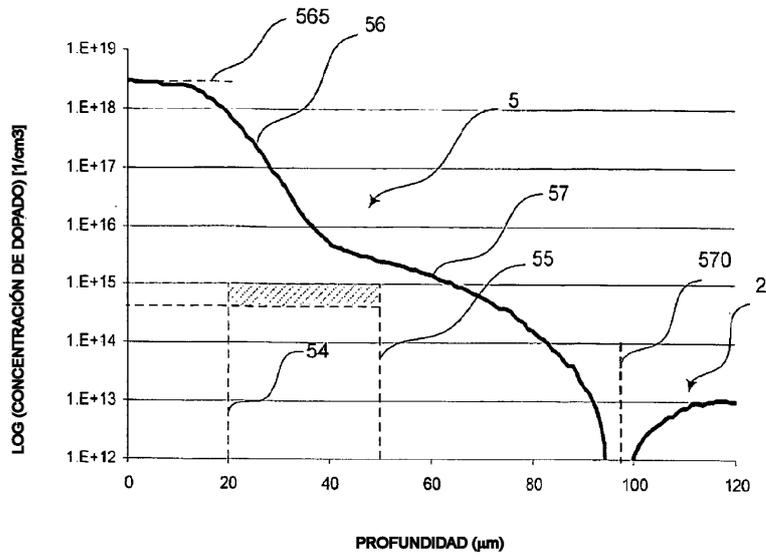


FIG. 1 TÉCNICA ANTERIOR

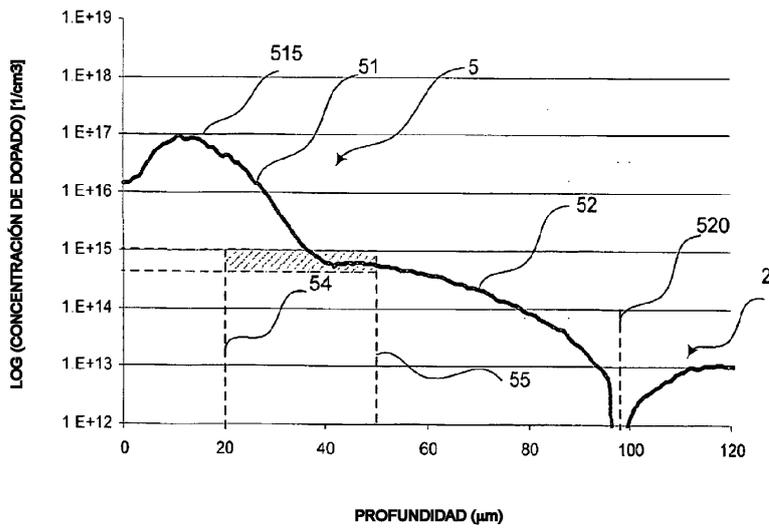


FIG 2

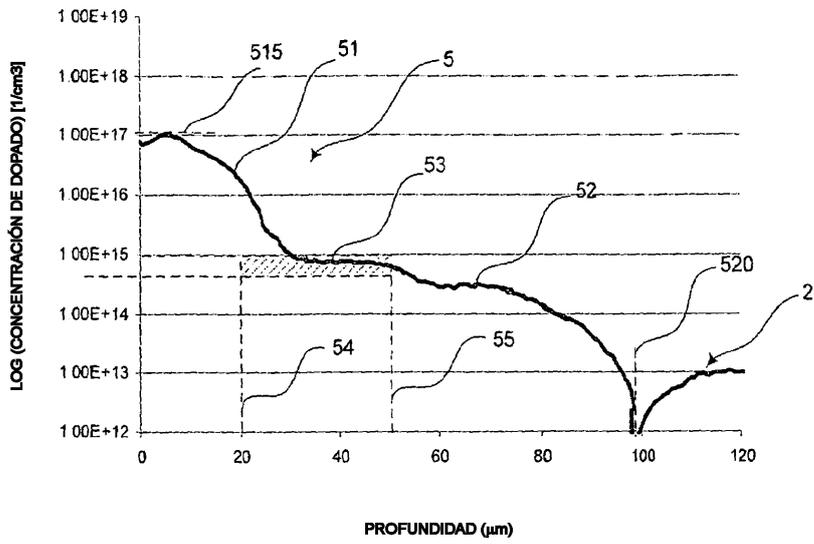


FIG. 3

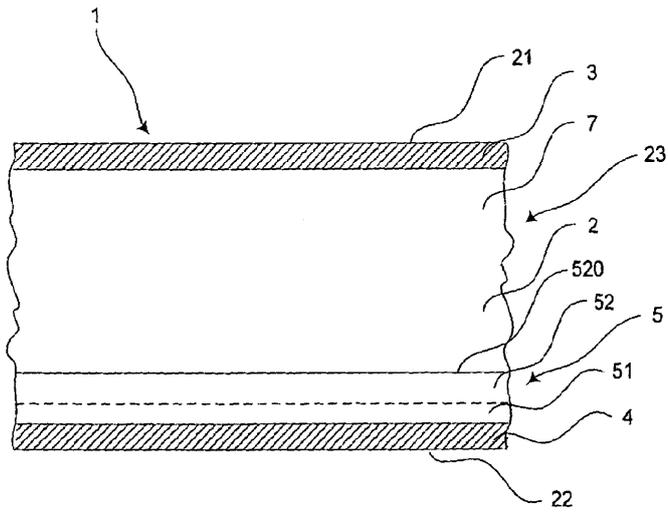


FIG. 4

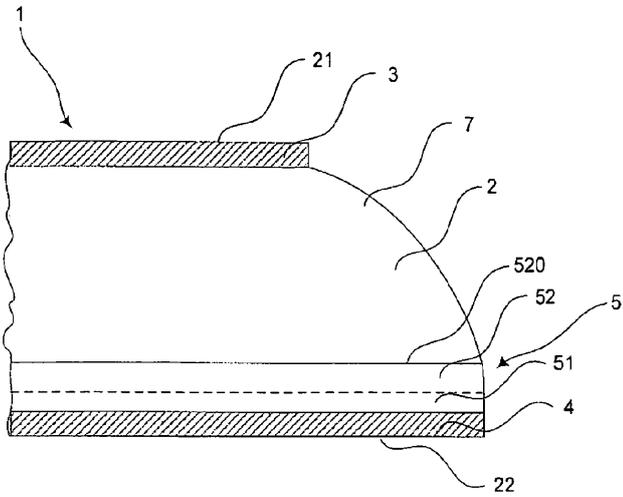


FIG 5

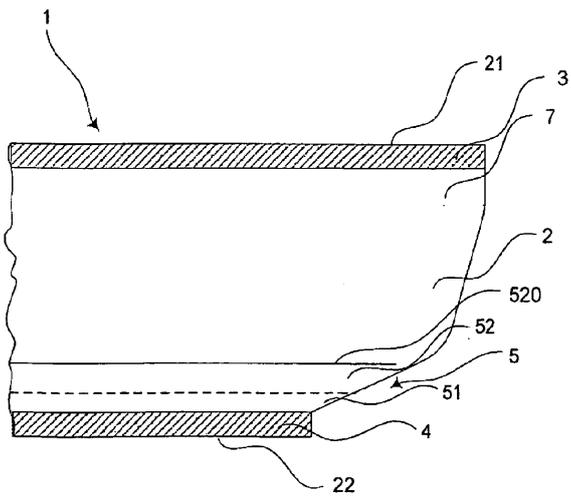


FIG 6

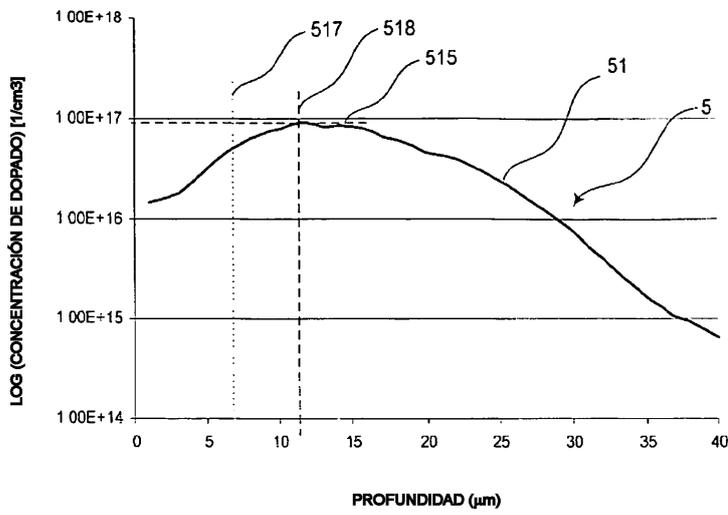


FIG 7

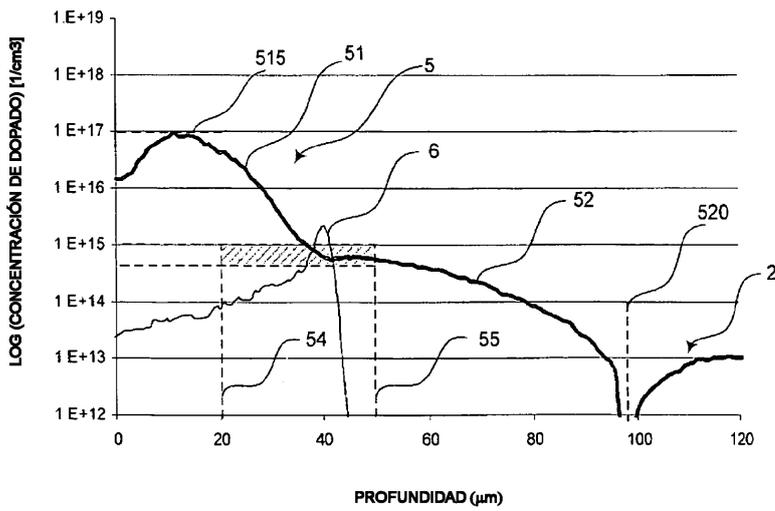


FIG 8