

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 384 280**

51 Int. Cl.:  
**H01L 21/265** (2006.01)  
**H01L 21/329** (2006.01)  
**H01L 29/36** (2006.01)  
**H01L 29/861** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **08009987 .2**  
96 Fecha de presentación: **31.05.2008**  
97 Número de publicación de la solicitud: **2015350**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **24.12.2008**

54 Título: **Componente de semiconductor de potencia con capa amortiguadora**

30 Prioridad:  
**20.06.2007 DE 102007028316**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**03.07.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**03.07.2012**

73 Titular/es:  
**SEMIKRON ELEKTRONIK GMBH & CO. KG**  
**SIGMUNDSTRASSE 200**  
**90431 NÜRNBERG, DE**

72 Inventor/es:  
**König, Bernhard**

74 Agente/Representante:  
**Isern Jara, Jorge**

ES 2 384 280 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

Componente de semiconductor de potencia con capa amortiguadora.

La invención describe un componente de semiconductor de potencia con por lo menos una transición PN, preferiblemente un diodo para aplicaciones de clase de potencia. Los diodos de este tipo encuentran aplicación, por ejemplo, en combinación con conmutadores de potencia, en particular transistores de potencia, como los denominados diodos de rueda libre.

En principio pertenece a la técnica conocida, por ejemplo, a partir del documento EP 1 096 576 A1 diseñar los diodos de este tipo en una secuencia de capas con una primera zona con un primer dopado y zonas adicionales con un segundo dopado. En este caso el término "dopado" se entiende que significa la disposición de átomos de material de dopado, de donadores o de receptores, en volumen unitario; por lo tanto aparece aquí una concentración por volumen unitario. En este caso corresponde a la técnica anterior el que en las otras zonas de concentración del segundo dopado empezando a partir de la primera zona se eleva uniformemente o no uniformemente. Pertenece a la técnica conocida el que en los casos individuales de estas otras zonas la concentración del dopado esté diseñada para que sea constante; de forma similar la concentración del dopado en una o una pluralidad de zonas se puede elevar según una función exponencial. Sin embargo, es esencial que en principio la concentración del dopado tenga un perfil según la figura 4.

La figura 4 muestra de una manera ejemplar el perfil de la concentración del dopado de un diodo de potencia según la técnica anterior. En este caso se representa una primera superficie principal (H1), a la cual está colindante una primera zona, en este caso una zona dopada PN (10). Colindante con ésta sigue entonces la segunda zona dopada N<sup>-</sup> (20), la cual preferiblemente tiene la concentración básica constante del dopado del material base, en este caso una oblea de silicio. Esta segunda zona (20) es colindante con una primera superficie límite (G1) y con una tercera zona dopada N (30), la cual cumple la tarea de una capa amortiguadora. Como la última, la cuarta zona (40) de la secuencia de capas es colindante con la superficie límite (G2) una zona dopada N<sup>+</sup> (30) y ésta es colindante con la segunda superficie principal (H2) del componente de semiconductor. Cualquier metalización necesaria de las superficies principales (H1, H2) para los propósitos del contacto no se describirá adicionalmente en este documento.

Según la técnica anterior las zonas tercera (30) y cuarta (40) se crean por medio de un procedimiento de difusión desde la dirección de la segunda superficie principal (H2). Por este medio el perfil de estos dopados también se asegura lo que es típico para los procedimientos de difusión. El dopado P de la primera zona (10) tiene lugar según la técnica anterior por medio de un procedimiento de difusión desde la dirección de la primera superficie principal (H1).

Como se ha citado antes en este documento los diodos de potencia de este tipo encuentran aplicación como diodos de rueda libre, instalados en circuitos en anti paralelo con transistores de potencia. La figura 5 muestra los perfiles de la corriente y de la tensión a través del diodo en el caso de la conexión de un transistor de potencia instalado en un circuito en anti paralelo, en el que el diodo transita desde un estado de conducción a un estado de bloqueo. En el caso ideal la tensión ( $U_i$ ) que cae a través del diodo en este caso se eleva hasta aproximadamente el valor de la fuente de tensión. Al mismo tiempo la corriente ( $I_i$ ) a través del diodo se reduce hasta cero. En la siguiente etapa el flujo de corriente es negativo, esto es altera su dirección, puesto que en este caso la transición PN está libre de transportadores de carga. Por consiguiente la corriente decae hasta la corriente de bloqueo del diodo.

En las operaciones reales el perfil de la corriente ( $I_R$ ) y el perfil de la tensión ( $U_R$ ) difieren como resultado de las inductancias parasitarias y las características no ideales de los componentes del diodo y del transistor de potencia. Como resultado de una rápida alteración de la corriente en el tiempo después de la inversión surge un pico de la corriente ( $I_s$ ) y se inducen las consiguientes oscilaciones en el perfil de la tensión real ( $U_R$ ) y por lo tanto también en el perfil de la corriente ( $I_R$ ). En este caso el efecto físico es una propagación rápida del campo eléctrico en el diodo. Por este medio los transportadores de las cargas positivas y negativas son extraídos muy rápidamente, como resultado de lo cual tiene lugar una interrupción de la corriente. Las capas amortiguadoras de la técnica conocida (30, véase la figura 4) en este caso forman una reserva de transportadores de cargas a fin de reducir la velocidad de la extracción y de ese modo disminuir la reducción de la corriente.

Las oscilaciones (S1, S2) citadas por una parte limitan la velocidad máxima de conmutación posible de la instalación del diodo y el transistor de potencia, lo cual significa una limitación de la funcionalidad de los convertidores de corriente construidos de esta manera.

El documento JP 2000 - 223726 revela detalles adicionales concernientes a la técnica anterior. Para el propósito de la relajación de la rápida caída de corriente al final de la restauración del equilibrio durante la inversión de la tensión y con el propósito de evitar picos de tensión se muestra en ese caso un elemento de semiconductor, caracterizado en una capa ánodo P y una capa cátodo N<sup>+</sup>, las cuales están dispuestas en los extremos respectivos de un sustrato formado a partir de un semiconductor N con un bajo nivel de dopado. Una capa I se forma entre la capa de ánodo P y la capa de cátodo N<sup>+</sup>. Una capa dopada N con un nivel inferior de dopado que la capa cátodo N<sup>+</sup> se forma entre la capa I y la capa cátodo N<sup>+</sup>, en donde la capa dopada N está formado por un ancho claramente menor que el ancho de la capa I.

Por lo tanto la tarea que subyace en la invención es aquella de desarrollar un componente de semiconductor con por lo menos una transición PN y una capa amortiguadora de tal modo que se mejoren las propiedades de conmutación en las instalaciones de los circuitos con conmutadores de potencia.

5 La tarea se resuelve inventiva mente por medio del sujeto con las características de la reivindicación 1 y también por el procedimiento según la reivindicación 5. Formas de realización preferida se describen en las reivindicaciones subordinadas.

10 El punto de arranque de la invención es un componente de semiconductor con por lo menos una transición desde un primer dopado hasta un segundo dopado, una transición PN. Este componente de semiconductor tiene una secuencia de capas de una primera zona, encarada hacia una primera superficie principal, con un primer dopado y una zona subsiguiente con un segundo dopado. Por su parte esta zona del segundo dopado está formada mediante por lo menos tres zonas de diferentes concentraciones de dopado. Directamente colindante con la primera zona del primer dopado sigue una segunda zona con una concentración baja y homogénea de un segundo dopado. Con ésta es colindante una capa amortiguadora, la tercera zona, de forma similar de segundo dopado. La secuencia de capas se completa mediante una cuarta zona, encarada hacia una segunda superficie principal, con una alta concentración del segundo dopado.

15 La capa de dopado está diseñada de tal modo que la concentración del segundo dopado de la capa amortiguadora en su primera superficie límite con la segunda zona es mayor que en la segunda superficie límite con la cuarta zona. Como resultado de este diseño de la capa amortiguadora está presente una reserva de transportadores de cargas en la zona de baja concentración, puesto que la propagación del campo eléctrico se evita en la zona de alta concentración. La concentración de la capa amortiguadora cae linealmente, exponencialmente o de una manera pulsatoria.

20 Particularmente se prefiere que la primera zona esté dopada P, la segunda zona esté dopada N, la cuarta zona esté dopada N<sup>+</sup> y la tercera zona tenga una concentración máxima de dopado N que sea mayor que la concentración máxima de la segunda zona y menor que la concentración máxima de la cuarta zona.

25 La capa amortiguadora, la tercera zona, se genera por medio de implantación de iones. Un procedimiento inventivo conduce entonces a una reducción pulsatoria de la concentración del dopado desde la primera superficie límite de la capa amortiguadora hasta la segunda superficie límite de la capa amortiguadora. Por medio de la implantación de iones los átomos de dopado están escalonados de ese modo a diversas profundidades y con una profundidad creciente, preferiblemente empezando a partir de la primera superficie principal, son introducidos con una concentración que se reduce. De esta manera se asegura la reducción pulsatoria de la concentración en el interior de la capa amortiguadora.

30 Desarrollos adicionales particularmente preferidos de este componente de semiconductor se citan en las descripciones respectivas de los ejemplos de la forma de realización. La solución inventiva se aclara con más detalle con la ayuda de los ejemplos de la forma de realización y las figuras 1 a 3.

35 La figura 1 muestra un perfil de dopado de un primer componente de semiconductor inventivo, en este caso un diodo de potencia.

La figura 2 muestra el perfil del campo eléctrico mientras decae la corriente inversa a través de un diodo de potencia, según la figura 1.

La figura 3 muestra un perfil de dopado de un segundo componente de semiconductor inventivo.

40 La figura 1 muestra un perfil de dopado de un primer componente de semiconductor inventivo, en este caso un diodo de potencia. Están representadas las dos superficies principales (H1, H2) del diodo, en donde se ha prescindido de la representación de cualquier metalización de contacto necesaria en estas superficies principales (H1, H2).

45 La primera superficie principal (H1) es colindante con una primera zona dopada P (10), en la cual la concentración del dopado se reduce desde  $10^{20}$  hasta  $10^{13}$ . La transición hasta la siguiente zona forma la transición PN del diodo. Esta segunda zona que sigue (20) tiene un dopado N homogéneo con una concentración en la gama desde  $10^{13}$  hasta  $10^{15}$ . Esta concentración preferiblemente corresponde a aquella del dopado base de la oblea.

50 La segunda zona (20) está seguida por una tercera zona (30), la denominada capa amortiguadora, con un dopado, la concentración del cual se convierte uniformemente en menor en la dirección de la segunda superficie principal (H2), al contrario de la técnica anterior (véase C0 en la figura 4). En la superficie límite (G1) con la segunda zona (20) el dopado tiene una concentración de  $10^{13}$  hasta  $10^{17}$ . Este valor se reduce hacia el final de la capa amortiguadora (30), en este caso al valor del dopado base. Esta reducción de la concentración (C1) puede ser lineal o exponencial, en donde se prefiere una reducción lineal en este caso.

55 La capa amortiguadora (30) es colindante con la cuarta zona (40), en este caso la última, del segundo dopado, en donde su concentración aumenta en gran medida de una manera exponencial desde el dopado base hasta un valor del orden del  $10^{20}$ .

5 La figura 2 muestra el perfil del campo eléctrico mientras la corriente inversa decae a través de un diodo de potencia, según la figura 1; esto se provee de una manera ejemplar a lo largo del tiempo (T1, véase la figura 5). El perfil del campo en las zonas primera (10) y segunda (20) corresponde a la técnica anterior hasta cerca de la capa amortiguadora (30). Como resultado del diseño inventivo de la capa amortiguadora (30), se evita la propagación del campo eléctrico desde la segunda zona (20) hasta la cuarta (40). Esto resulta en una cierta reserva de transportadores de cargas positivas. Esto hace mínimo o evita la interrupción de la corriente inversa y con ello la formación de oscilaciones (S1, S2; véase la figura 5).

10 La figura 3 muestra un perfil de dopado de un segundo componente de semiconductor inventivo. Las zonas primera (10), segunda (20) y cuarta (40) están formadas en este caso de una manera análoga al componente de semiconductor descrito con referencia a la figura 1.

15 La concentración del dopado de la capa amortiguadora (30) en su primera superficie límite (G1) con la segunda zona (20) es más alta que en su segunda superficie límite (G2) con la cuarta zona (40). Según la invención la concentración (C2) cae desde su primera superficie límite (G1) hasta su segunda superficie límite (G2) no linealmente, sino de una manera pulsatoria. Este perfil se genera mediante el proceso de fabricación según un procedimiento inventivo.

20 En este caso la capa amortiguadora (30) se dopa desde la dirección de la primera superficie principal (H1) por medio de implantación de iones. Lo que se representa en este caso es el resultado de siete fases de implantación, en donde esto sirve únicamente para los propósitos de aclaración. En este caso se prefiere proveer entre 2 y 10 fases. Por medio de cada fase de implantación los átomos de dopado son introducidos a una profundidad definida de la oblea. La distribución en profundidad de los átomos de dopado se identifica en términos de una función de distribución por razones físicas.

25 La característica del perfil pulsatorio (C2) se genera por medio de una multiplicidad de fases de implantación con diferentes profundidades de penetración. Mediante la reducción del número de átomos de dopado implantados la concentración como se representa cae desde la primera superficie límite (G1) hasta la segunda superficie límite (G2) de la capa amortiguadora (30) de una manera pulsatoria.

**REIVINDICACIONES**

1. Un componente de semiconductor con por lo menos una transición desde un primer dopado hasta un segundo dopado, una transición PN, con una secuencia de capas de una primera zona (10), encarada hacia una primera superficie principal (H1), con un primer dopado, una segunda zona (20) subsiguiente con una concentración homogénea baja de un segundo dopado, una capa amortiguadora subsiguiente, la cual es la tercera zona (30), con un segundo dopado y una cuarta zona (40) subsiguiente, encarada hacia la segunda superficie principal (H2) con una alta concentración del segundo dopado, en el que la concentración del segundo dopado de la capa amortiguadora (30) en su primera interfaz (G1) con la segunda zona (20) es mayor que en la segunda interfaz (G2) con la cuarta zona (40), y la concentración (C1, C2) de la capa amortiguadora (30) cae desde su primera interfaz (G1) hasta su segunda interfaz (G2) exponencialmente, linealmente o de una manera pulsatoria, en el que la caída de la concentración de una manera pulsatoria tiene un máximo y un mínimo locales cuyos valores disminuyen uniformemente.
2. El componente de semiconductor según la reivindicación 1 en el que la primera zona (10) está dopada P, la segunda zona (20) está dopada N<sup>-</sup>, la cuarta zona (40) está dopada N<sup>+</sup> y la capa amortiguadora, la tercera zona (30), tiene una concentración de un dopado N que es mayor que la concentración máxima de la segunda zona (20) y menor que la concentración máxima de la cuarta zona (40).
3. El componente de semiconductor según la reivindicación 2 en el que la segunda zona (20) dopada N<sup>-</sup> tiene una concentración máxima de  $10^{13}$  hasta  $10^{15}$ , la tercera zona (30), la capa amortiguadora, tiene una concentración máxima de  $10^{17}$  y la cuarta zona (40) dopada N<sup>+</sup> tiene una concentración máxima del orden de  $10^{20}$ .
4. Un procedimiento para la fabricación de un componente de semiconductor según la reivindicación 1 en el que la caída de la concentración de la capa amortiguadora (30) se genera por medio de implantación de iones y en el que en el caso de una concentración que cae de una manera pulsatoria, ésta está generada por medio de una multiplicidad de fases de implantación, en cada caso con diferentes profundidades de penetración para los átomos de dopado.
5. El procedimiento según la reivindicación 4 en el que la implantación de iones se efectúa empezando a partir de la primera superficie principal (H1).

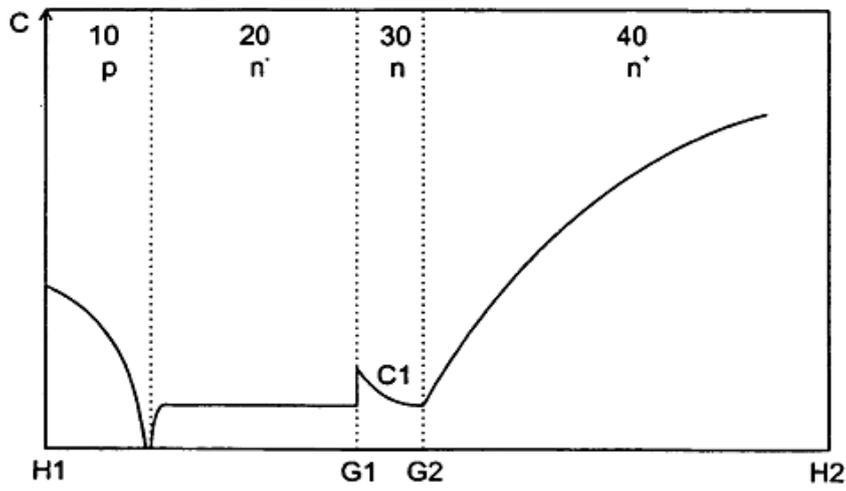


Fig. 1

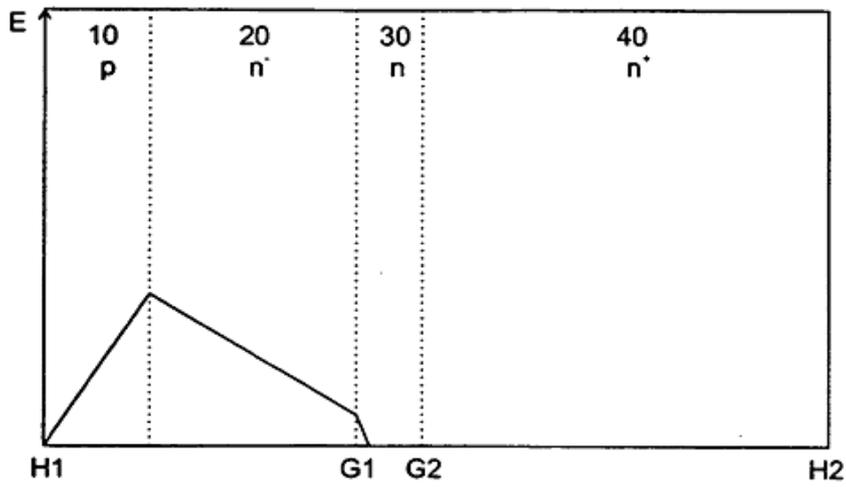


Fig. 2

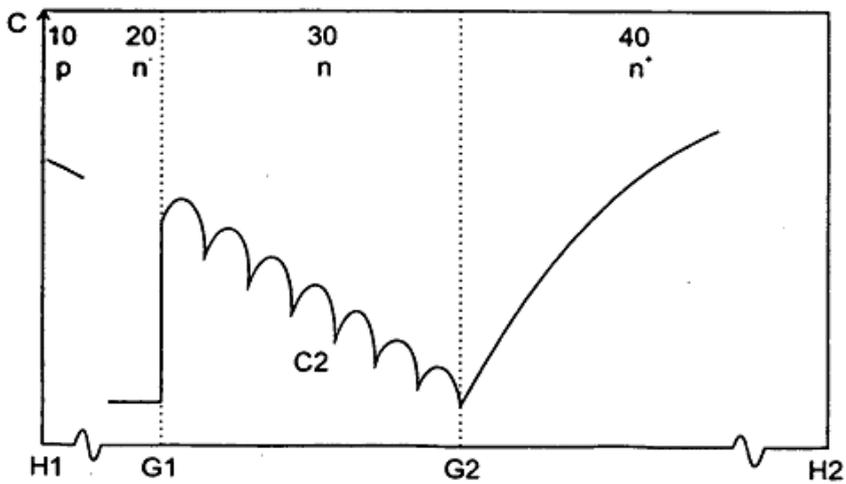


Fig. 3

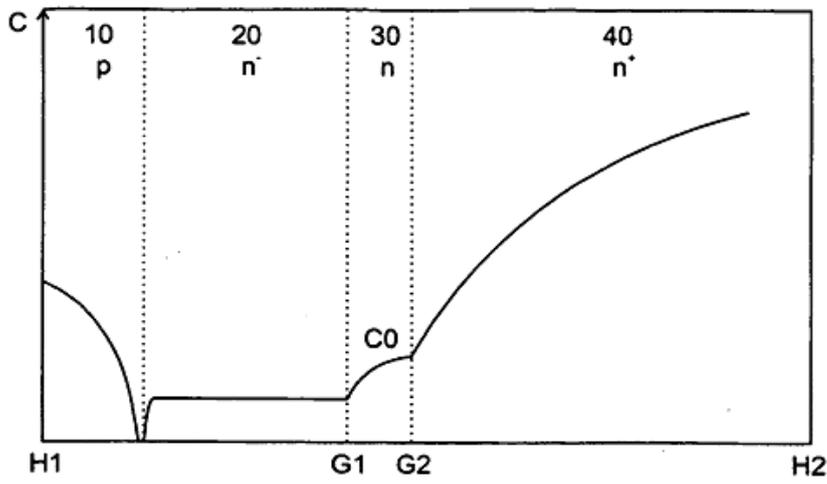


Fig. 4

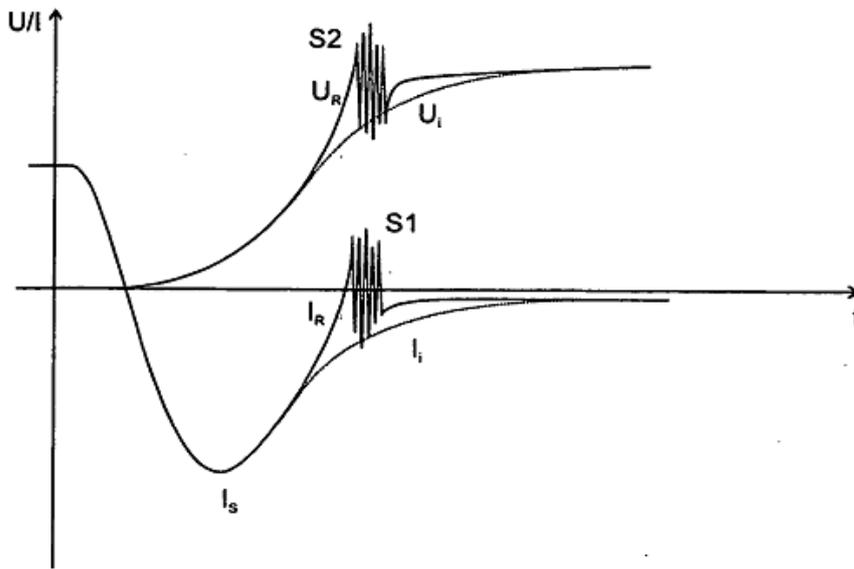


Fig. 5