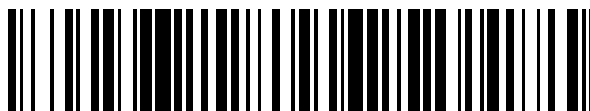


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 738 554**

51 Int. Cl.:

H02M 7/06 (2006.01)

H01L 29/872 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.02.2011** E 11156122 (1)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.05.2019** EP 2381572

54 Título: **Uso de diodos de barrera Schottky MOS de tipo trinchera (TMBS) como elementos rectificadores de un circuito puenterectificador de un generador de vehículo de motor**

30 Prioridad:

26.04.2010 DE 102010028203

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

23.01.2020

73 Titular/es:

**SEG AUTOMOTIVE GERMANY GMBH (100.0%)
Lotterbergstrasse 30
70499 Stuttgart, DE**

72 Inventor/es:

**SPITZ, RICHARD y
GOERLACH, ALFRED**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 738 554 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

Uso de diodos de barrera Schottky MOS de tipo trinchera (TMBS) como elementos rectificadores de un circuito puente rectificador de un generador de vehículo de motor

5 La invención se refiere a un uso de diodos de barrera Schottky MOS de tipo trinchera (TMBS) como elementos rectificadores de un circuito puente rectificador de un generador de vehículo de motor.

Estado de la técnica

10 En los generadores de corriente alterna (dinamos) se usan puentes de corriente continua para la rectificación. Por ejemplo, en los sistemas trifásicos se usan los denominados puentes B6, que incluyen como elementos rectificadores seis diodos semiconductores pn de silicio. Un puente B6 de este tipo está representado en la figura 1. Los diodos semiconductores se diseñan normalmente como diodos Z. Además de los sistemas trifásicos se usan también
 15 generadores de corriente alterna con un número de fases distinto. Los puentes usados como rectificadores están contruidos, entonces, de manera correspondiente. Un sistema generador completo incluye, además del generador y los puentes de corriente alterna, también un regulador de tensión, que se encarga de que la tensión rectificada presente un valor determinado, por ejemplo de 14,3 V. Además está conectado también un condensador antiparasitario de, por ejemplo, 2,2 µF entre B+ y la masa. En la figura 1 no se muestran ni el regulador, ni el generador de trifásico
 20 ni el condensador.

Los diodos Z están diseñados para el funcionamiento a altas corrientes en la dirección de flujo, con densidades de corriente de hasta aproximadamente 500 A/cm², y a altas temperaturas. Normalmente, la caída de tensión en la
 25 dirección de flujo, la tensión de flujo UF, a las altas corrientes usadas, asciende a aproximadamente 1 voltio. Durante el funcionamiento en la dirección de bloqueo, solo fluye, en cambio, una corriente de bloqueo IR muy pequeña hasta una tensión disruptiva UZ. A partir de esta tensión, la corriente de bloqueo se incrementa cada vez más. Se evita así un incremento adicional de la tensión.

Las tensiones disruptivas de los diodos Z se sitúan, en el caso de una red de a bordo de 12 V, por encima de la tensión
 30 del generador en un intervalo de alrededor de 19-26 V. Los diodos Z están diseñados de tal modo que pueden cargarse brevemente con corrientes muy altas en la disrupción. Debido a ello ofrecen una protección de la red de a bordo y del regulador frente a sobretensiones en caso de que la tensión de generador se incremente súbitamente, al limitar la tensión del generador. En caso de un súbito cambio de carga, la tensión del generador se incrementa especialmente cuando se produce un cambio de carga grande con la batería no conectada o defectuosa (descarga o *loaddump*).
 35

En el caso de una descarga, la tensión se incrementa en las fases del generador, hasta que se alcanzan las tensiones
 disruptivas de los diodos Z. Para la diferencia entre dos tensiones de fase se cumple: Tensión entre fases = UF + UZ. La corriente fluye entonces como corriente disruptiva a través de los diodos Z, que se encuentran precisamente en la
 40 dirección de bloqueo. A este respecto, siempre hay conectados en serie un diodo en la dirección de flujo y un diodo en la dirección de disrupción. En el caso de los puentes B6, la corriente del generador se divide normalmente de tal modo que es soportada, por ejemplo, por un diodo positivo y dos diodos negativos en la dirección de disrupción y en la siguiente fase por dos diodos positivos y un diodo negativo. En el caso más extremo, cuando hay una fase cero, un diodo positivo y un diodo negativo se encuentran en disrupción. Cuando el regulador identifica el incremento de tensión, desconecta la corriente de excitación. Puesto que el campo magnético de la bobina de excitación no
 45 desaparece, sin embargo, repentinamente, la tensión del generador aumentada solo decrece relativamente despacio con una duración de alrededor de 100-400 ms. La tensión del generador UB+ medida en el borne B+ se limita a UZ - UF.

Durante una descarga fluyen corrientes disruptivas muy altas por los diodos. En el caso de una descarga completa,
 50 es decir, un vaciado completo de la batería y la carga, toda la corriente del generador es absorbida por los diodos en la disrupción. La energía UZ * IZ se transforma en calor en los diodos. Por lo tanto, la temperatura de unión Tj se incrementa mucho brevemente en los diodos. Normalmente, para estos eventos se especifican temperaturas Tj muy por encima de la temperatura de funcionamiento máxima admisible de los diodos. Para contener el incremento de temperatura, los diodos Z se encapsulan en carcasas de inserción a presión para diodos, tal como se describe, por
 55 ejemplo, en el documento DE 102 42 521 A1. A este respecto, una conexión de los diodos está realizada como hilo de conexión, mientras que la otra conexión consiste en un casquillo metálico redondo, que se inserta a presión en una perforación presente en una placa de refrigeración del rectificador y se encarga de un buen acoplamiento térmico y eléctrico. El acoplamiento térmico por ambos lados actúa como capacidad de absorción de calor y contiene eficazmente el incremento de temperatura en la descarga.

60 De manera ideal, las tensiones disruptivas de todos los diodos Z en los puentes son idénticas, al menos siempre que todos los diodos presenten la misma temperatura antes de la descarga.

Para el caso de tensiones disruptivas idénticas, en los diodos cae brevemente como máximo la mitad de la corriente
 65 del generador. Debido a alteraciones de fabricación inevitables, no todas las tensiones Z, UZ, de los diodos son idénticas en un rectificador. Esto conduce a cargas no uniformes de los diodos en la disrupción y, por tanto, a una

resistencia a la descarga en total reducida del generador.

Una cierta descarga puede provocar el comportamiento de temperatura de la tensión disruptiva, ya que la tensión disruptiva en diodos Z se incrementa a medida que aumenta la temperatura (coeficiente de temperatura positivo).

Al producirse una descarga, el diodo entra en disrupción en primer lugar con la tensión disruptiva UZ más baja. Fluye más corriente por este diodo que por los demás diodos. Debido a ello, este se calienta más y su tensión disruptiva UZ se iguala algo a la de los demás diodos. No obstante, este efecto no suele ser suficiente para producir distribuciones de corriente y tensión totalmente simétricas.

Por el documento DE 10 2004 056 663 A1 se conocen disposiciones de rectificadores con diodos de barrera Schottky MOS de tipo trinchera (TMBS), en los que como elementos de protección adicionales para el funcionamiento en disrupción se incorporan diodos Z o transiciones pn integradas.

En "High-Voltage TMBS Diodes Challenge Planar Schottkys", "Max Chen et al.", se describe el uso de diodos TMBS en rectificadores de conmutación.

Divulgación de la invención

La invención se refiere a un uso de diodos de barrera Schottky MOS de tipo trinchera (TMBS) como elementos rectificadores de un circuito puente rectificador de un generador de vehículo de motor de acuerdo con la reivindicación 1.

Un circuito puente rectificador de este tipo presenta como elementos rectificadores, en lugar de los diodos Z habituales, elementos en los que aumenta la tensión disruptiva UZ durante el funcionamiento en disrupción. De este modo se consiguen tensiones disruptivas idénticas de los diodos en el rectificador, incluso cuando las tensiones disruptivas de los diodos son diferentes antes del funcionamiento. En el caso de una descarga, la energía de la descarga se distribuye de manera uniforme entre todos los diodos y se maximiza así la energía de descarga alcanzable.

En particular, en lugar de simples diodos Z en rectificadores, que constituyen en esencia una estructura de semiconductores pn, se proponen elementos que usan como elemento de sujeción una estructura en la que aumenta la tensión disruptiva durante el funcionamiento en disrupción. Como elemento de sujeción se usa preferentemente una estructura metal-óxido-semiconductor. Para su uso en el rectificador se propone de manera especialmente ventajosa un diodo de barrera Schottky MOS de tipo trinchera (TMBS) —es decir, una combinación de diodo Schottky y estructura MOS de tipo trinchera. Esta disposición tiene, además, la ventaja de que la tensión de flujo puede ajustarse más baja que en los diodos pn. Por ejemplo, puede alcanzarse una tensión de flujo entre 0,5 V y 0,7 V a 500 A/cm².

La figura 2 muestra como primer ejemplo de realización un TMBS implementado como chip compuesto por un sustrato n+ 1, una capa epitaxial n 2, al menos dos trincheras (*trenches*) 6 realizadas mediante grabado químico en la capa epitaxial n 2, capas de metal en la cara delantera 4 del chip como electrodos de ánodo y en la cara trasera 5 del chip como electrodos de cátodo, una capa de óxido 7 entre las trincheras 6 y las capas metálicas. Desde el punto de vista eléctrico, el TMBS es una combinación de una estructura MOS (capa de metal, capas de óxido 7 y capa epitaxial n 2) y un diodo Schottky (barrera Schottky entre la capa de metal como ánodo y la capa epitaxial n 2 como cátodo).

En la dirección de flujo fluyen corrientes por la zona de meseta entre las trincheras 6. Las trincheras 6 propiamente dichas no están disponibles para el flujo de corriente. Un TMBS presenta corrientes de bloqueo muy bajas. En la dirección de bloqueo se forman tanto en la estructura MOS como en el diodo Schottky regiones de carga espacial. Las regiones de carga espacial se agrandan a medida que se incrementa la tensión y colisionan, en el caso de una tensión inferior a la tensión disruptiva del TMBS, en el centro de la región entre las trincheras 6 adyacentes. De este modo, los efectos Schottky responsables de altas corrientes de bloqueo se apantallan y las corrientes de bloqueo se reducen. Este efecto de apantallamiento depende en gran medida de parámetros estructurales Dt (profundidad de la trinchera), Wm (distancia entre trincheras), Wt (anchura de la trinchera) así como To (espesor de la capa de óxido).

En el marco de la fabricación de un TMBS tiene lugar una incorporación de las trincheras 6 mediante grabado químico de la capa epitaxial n 2, lavado de la capa de óxido 7 y rellenado de las trincheras con capas conductoras, dopadas, de polisilicio. Alternativamente, las trincheras pueden rellenarse con metal. La ampliación de las regiones de carga espacial en la zona de meseta entre las trincheras 6 es quasi-unidimensional, en el sentido de que la profundidad Dt de la trinchera es notablemente mayor que la distancia Wm entre las trincheras.

En caso de disrupción de la tensión de bloqueo aparecen campos eléctricos muy altos dentro de la capa de óxido 7 en la proximidad del fondo de la trinchera y directamente en la proximidad de la capa de óxido en la capa epitaxial n 2. Como consecuencia, durante la disrupción de la tensión de bloqueo o en avalancha, se inyectan portadores de carga calientes desde la capa epitaxial n 2 a la capa de óxido 7 de la estructura MOS. En la disposición mostrada con una capa epitaxial dopada n 2, se trata de orificios. Como consecuencia de este proceso quedan cargas positivas en la capa de óxido y apantallan el campo eléctrico aplicado desde el exterior de la tensión de bloqueo. Para conseguir la intensidad de campo disruptivo en el silicio se necesita, por tanto, un mayor campo externo o una mayor tensión

externa. La tensión disruptiva de la estructura TMBS se incrementa.

5 De manera especialmente ventajosa, para el metal Schottky en la cara delantera 4 del chip se usa níquel o siliciuro de níquel. De este modo se logra ajustar tensiones de flujo más bajas en el intervalo de 0,5 V - 0,7 V y, al mismo tiempo, corrientes de bloqueo más bajas. De manera ventajosa se ha observado que las estructuras TMBS pueden funcionar a altas corrientes en disrupción, sin que se produzca una destrucción de los diodos. La deriva de la tensión de bloqueo es, a este respecto, ascendente, disminuyendo el incremento de la tensión con el tiempo. Esto está ilustrado en la figura 3, en la que se ilustra el comportamiento de la deriva de tensión D de un TMBS en función de la carga disruptiva acumulada Q_k . La carga disruptiva acumulada aparece a medida que aumenta el tiempo en el funcionamiento disruptivo con una potencia disruptiva en descenso $UZ * IZ$.

10 Si ahora, por ejemplo, en un puente B6 de acuerdo con la figura 1 se sustituyen los diodos ZD1 a ZD6 por diodos TMBS de acuerdo con la figura 2, que exhiben un comportamiento de deriva de la tensión de bloqueo de acuerdo con la figura 3, entonces las tensiones disruptivas de los diodos TMBS se igualan durante el funcionamiento en disrupción. La resistencia a la descarga de un generador de vehículo de motor, del que forma parte el circuito puente rectificador, aumenta. Naturalmente también pueden equiparse rectificadores para generadores de corriente alterna con más de tres fases, por ejemplo con 5, 6 o 7 fases, con elementos de acuerdo con la figura 2. Como muestran las mediciones de descarga en los generadores, puede aislarse alrededor de un 20 % más de la corriente de descarga.

15 Otro ejemplo de realización de una combinación de una estructura rectificadora y una estructura MOS de tipo trinchera, que exhibe deriva de tensión en disrupción, consiste en añadir entre el metal en la cara delantera 4 y el silicio n 2 en la figura 2 una capa p, cuya tensión disruptiva UZPN es mayor que la tensión disruptiva de la estructura MOS UZ-MOS.

20 Por lo demás pueden usarse, en lugar de las estructuras MOS de tipo trinchera, también estructuras MOS planas distribuidas bidimensionalmente, en donde la disrupción de la tensión de bloqueo tiene lugar, de nuevo, en la estructura MOS.

25 Un circuito puente rectificador de acuerdo con la presente invención puede usarse, en particular, en generadores de corriente alterna con funcionamiento de recuperación.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Uso de diodos de barrera Schottky MOS de tipo trinchera (TMBS) como elementos rectificadores de un circuito puente rectificador de un generador de vehículo de motor, que presentan una deriva de la tensión de bloqueo, cuando funcionan en disrupción, en donde los diodos de barrera Schottky MOS de tipo trinchera (TMBS) aumentan, durante el funcionamiento en disrupción, la tensión disruptiva UZ, igualándose las tensiones disruptivas de los diodos de barrera Schottky MOS de tipo trinchera (TMBS) durante el funcionamiento del circuito puente rectificador en disrupción.
- 10 2. Uso según la reivindicación 1, caracterizado por que los elementos rectificadores son diodos de barrera Schottky MOS de tipo trinchera (TMBS) con una barrera Schottky de aproximadamente 0,65 eV a 0,7 eV.
- 15 3. Uso según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que los elementos rectificadores son diodos de barrera Schottky MOS de tipo trinchera (TMBS) con un metal de barrera Schottky de níquel o siliciuro de níquel.
- 20 4. Uso según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que los elementos rectificadores son diodos de barrera Schottky MOS de tipo trinchera (TMBS) en los que las trincheras ascienden a alrededor de 1 - 3 μm y la distancia entre trincheras asciende a aproximadamente 0,5 - 1 μm .
5. Uso según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que las estructuras MOS están dispuestas distribuidas uniformemente sobre un chip.
6. Uso según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que al menos uno de los elementos rectificadores está realizado como diodo de ajuste a presión.

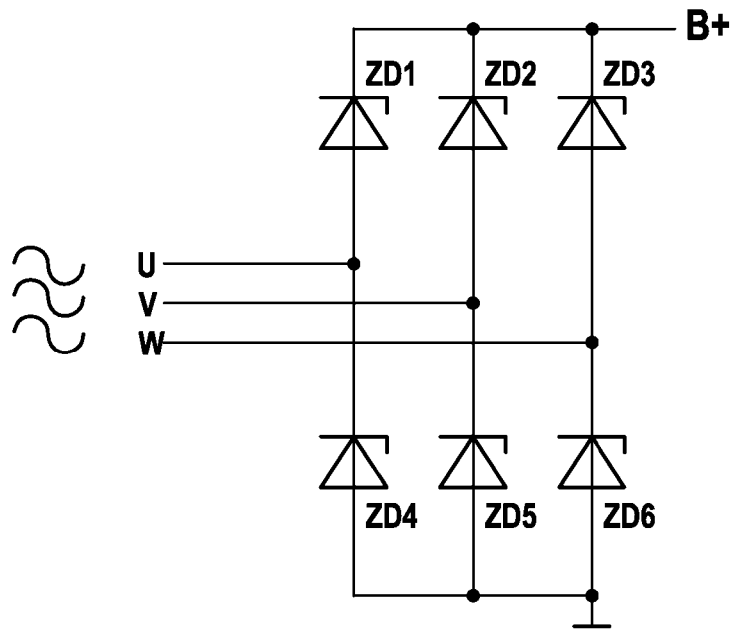


Fig. 1

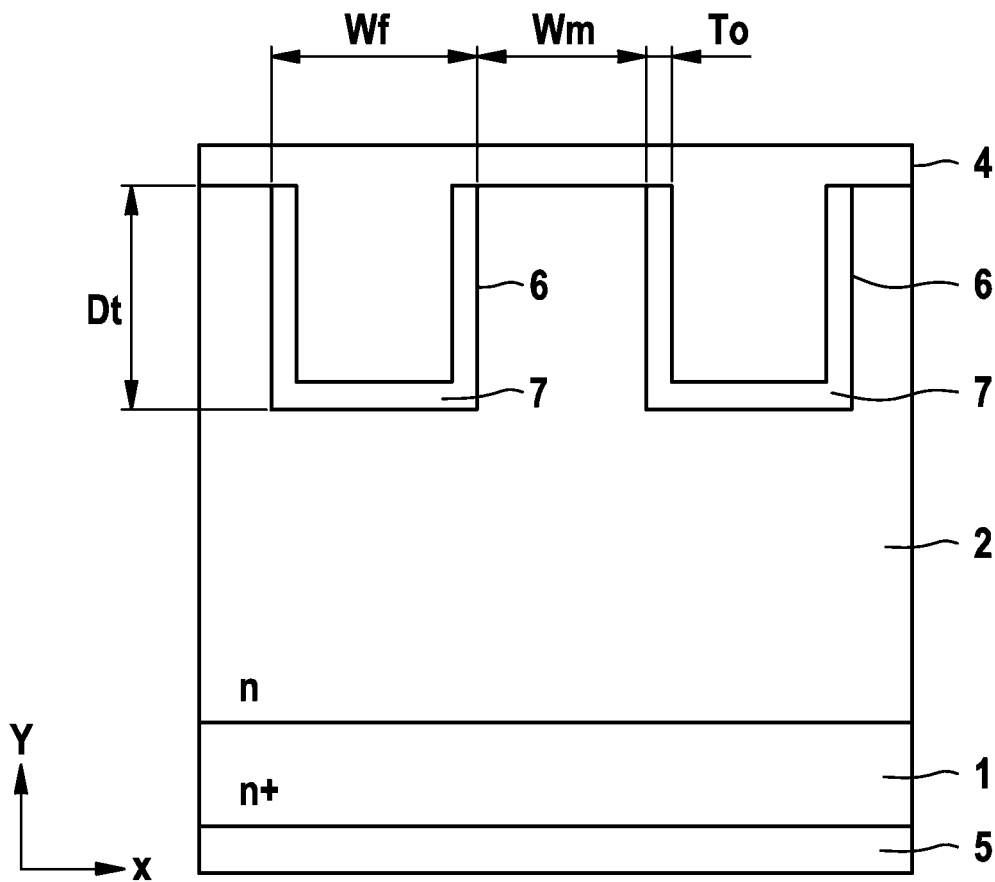


Fig. 2

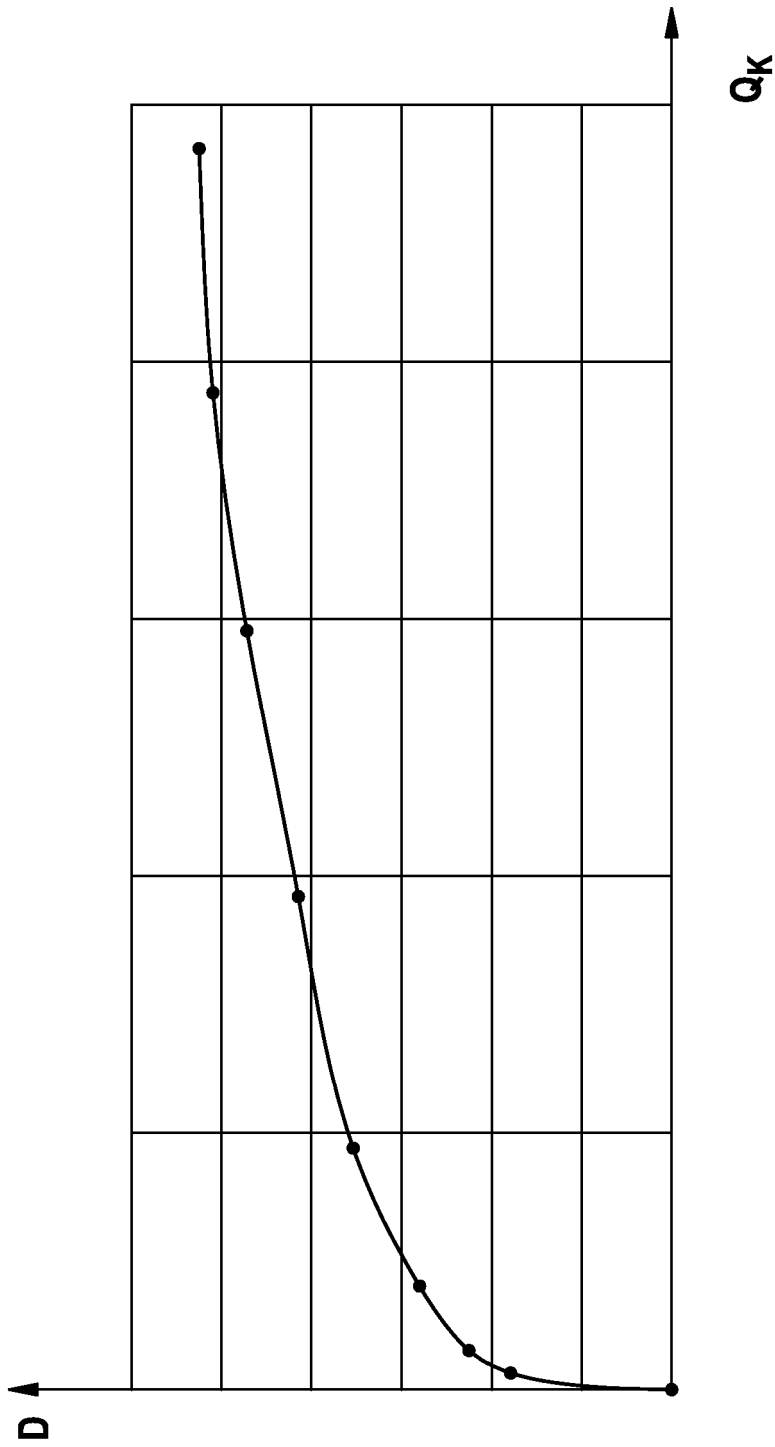


Fig. 3