

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 986 554**

51 Int. Cl.:

H01L 29/78 (2006.01)
H01L 29/08 (2006.01)
H01L 29/10 (2006.01)
H01L 29/12 (2006.01)
H01L 29/423 (2006.01)
H01L 21/336 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.09.2017 PCT/CN2017/104856**
 87 Fecha y número de publicación internacional: **31.01.2019 WO19019395**
 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.09.2017 E 17918868 (5)**
 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.06.2024 EP 3637474**

54 Título: **Dispositivo conmutador de carburo de silicio y método de fabricación del mismo**

30 Prioridad:

24.07.2017 CN 201710605642

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
11.11.2024

73 Titular/es:

CHINA ELECTRONICS TECHNOLOGY GROUP CORPORATION NO.55 RESEARCH INSTITUTE (100.0%)
No. 524 Zhongshan East Road, Qinhuai District Nanjing, Jiangsu 210016, CN

72 Inventor/es:

HUANG, RUNHUA;
BAI, SONG;
TAO, YONGHONG;
WANG, LING;
LIU, AO;
LI, SHIYAN y
LIU, HAO

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 986 554 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

Dispositivo conmutador de carburo de silicio y método de fabricación del mismo

Campo técnico

5 La presente invención pertenece al campo de las tecnologías de dispositivos semiconductores y, más particularmente, se refiere a un dispositivo conmutador de carburo de silicio, SiC, y a un método de fabricación del mismo.

Antecedentes

10 Los materiales de SiC tienen excelentes prestaciones como una gran banda prohibida (en inglés *band gap*), un elevado campo eléctrico de ruptura, una alta velocidad de deriva saturada y una gran conductividad térmica, las cuales permiten que estos materiales resulten materiales ideales para fabricar un dispositivo con una alta potencia, una alta frecuencia, una resistencia a temperatura alta y una resistencia a la radiación. Un diodo Schottky de SiC tiene una serie de ventajas tales como una alta tensión de ruptura, una alta densidad de corriente, una elevada frecuencia de trabajo, etc., teniendo así unas posibilidades de desarrollo muy amplias.

15 En la actualidad, un dispositivo MOSFET de SiC tiene una baja movilidad de canal debido a la limitación de un nivel de oxidación, provocando así una relación excesivamente grande de resistencia de canal a resistencia de activación global. Para lograr una mejor capacidad de conducción, normalmente se usa un canal corto en el dispositivo MOSFET de SiC, mientras que el canal corto normalmente reducirá una tensión preestablecida del dispositivo; y mientras tanto, se reducen las prestaciones de bloqueo del dispositivo, y se disminuye la redundancia del dispositivo a la fluctuación de la longitud del canal, lo que afecta a la productividad del dispositivo. Además, las tecnologías para oxidar el SiC se desarrollan lentamente debido a diferentes propiedades materiales del SiC, y la resistencia de canal es un factor importante que afecta negativamente a las prestaciones del dispositivo durante mucho tiempo. Por lo tanto, es necesario desarrollar una nueva estructura de MOSFET de SiC para reducir una relación de la resistencia de canal.

20 Se hace referencia a los documentos US2016/225905, US5907169, US2014/284656 y CN 106847879 que describen dispositivos MOSFET de SiC con estructuras de meseta elevadas en cuya pared lateral está conformada al menos una parte de la región de canal.

Compendio

25 Se apreciará que el alcance de la invención está de acuerdo con las reivindicaciones. Por consiguiente, se proporciona una disposición de acuerdo con las reivindicaciones independientes. Se proporcionan rasgos adicionales de acuerdo con las reivindicaciones dependientes.

30 Objeto de la invención: con el objetivo de solucionar los problemas anteriores, la presente invención proporciona un dispositivo conmutador de SiC y un método de fabricación del mismo, para su uso para reducir una relación de resistencia de canal a resistencia de activación del dispositivo.

35 La presente memoria descriptiva proporciona disposiciones que incluyen lo siguiente: un dispositivo conmutador de SiC incluye un sustrato, donde una capa de deriva de un primer tipo de conducción, una región P_{pozo} dopada de un segundo tipo de conducción conformada mediante implantación de iones, una región N⁺ de un primer tipo de conducción conformada mediante implantación de iones y una región P⁺ dopada de un segundo tipo de conducción conformada mediante implantación de iones están dispuestas por encima del sustrato. Una primera región epitaxial de un primer tipo de conducción y una segunda región epitaxial N⁺ están dispuestas secuencialmente por encima de la capa de deriva del primer tipo de conducción; una región P_{pozo} de implantación lateral de un segundo tipo de conducción se conforma mediante implantación lateral de iones sobre una superficie del dispositivo; una capa dieléctrica de puerta de óxido está dispuesta por encima de la región P_{pozo} de implantación lateral; un electrodo de puerta está dispuesto por encima de la capa dieléctrica de puerta; un dieléctrico de aislamiento está dispuesto por encima del electrodo de puerta; y un electrodo de drenaje de contacto óhmico está dispuesto por debajo del sustrato, y una región de contacto óhmico está dispuesta en un lado de la región P_{pozo} de implantación lateral por encima del dispositivo.

Un método para fabricar un dispositivo conmutador de SiC incluye los siguientes pasos de:

45 (1) hacer crecer epitaxialmente una capa de deriva de un primer tipo de conducción sobre un sustrato de un primer tipo de conducción;

(2) conformar mediante implantación de iones una región P_{pozo} dopada de un segundo tipo de conducción sobre la capa de deriva;

50 (3) conformar mediante implantación de iones una región N⁺ de un primer tipo de conducción sobre la región P_{pozo} dopada;

(4) conformar mediante implantación de iones una región P⁺ dopada de un segundo tipo de conducción sobre la región P_{pozo} dopada, donde la región P⁺ está conectada tanto con la región N⁺ como con la región P_{pozo} dopada;

(5) conformar una primera región epitaxial de un primer tipo de conducción y una segunda región N+ epitaxial en una secuencia de crecimiento epitaxial sobre una superficie del dispositivo;

(6) conformar mediante un proceso de grabado un escalón de SiC en la primera región epitaxial y la segunda región epitaxial N+;

5 (7) conformar mediante implantación lateral de iones una región P_{pozo} de implantación lateral de un segundo tipo de conducción sobre la superficie del dispositivo;

(8) conformar mediante oxidación a alta temperatura una capa dieléctrica de puerta de óxido sobre la región P_{pozo} de implantación lateral;

(9) fabricar por crecimiento un electrodo de puerta en un lado de la superficie del dispositivo;

10 (10) hacer crecer un dieléctrico de aislamiento sobre la superficie del dispositivo;

(11) abrir un orificio dieléctrico en el dieléctrico de aislamiento y en la capa dieléctrica de puerta mediante grabado; y

15 (12) fabricar un electrodo de drenaje de contacto óhmico en una superficie posterior del sustrato mediante un proceso de metalización, y conformar por recocido a alta temperatura una región de contacto óhmico en un lado de la región P_{pozo} de implantación lateral sobre una superficie superior del dispositivo.

Efectos beneficiosos: las disposiciones de la presente memoria descriptiva y las reivindicaciones pueden reducir eficazmente la relación de la resistencia de canal a la resistencia de encendido del dispositivo, y logran el encendido y apagado del dispositivo usando dos mecanismos. El canal situado en la pared lateral de la primera región epitaxial es muy corto, y un camino de corriente de la capa de deriva epitaxial puede apagarse siempre que se genere una caída de tensión suficientemente alta en un proceso de apagado, sin considerar perforación del canal bajo una tensión alta. Por lo tanto, la presente invención tiene grandes ventajas en comparación con la técnica anterior. Mientras tanto, a condición de que se utilice en el dispositivo un amplio camino de corriente de la capa de deriva epitaxial, una tensión preestablecida se mantiene positiva, de modo que la presente invención tiene grandes ventajas en comparación con un JFET de SiC tradicional.

25 **Breve descripción de los dibujos**

La Figura 1 es un diagrama esquemático que ilustra crecimiento epitaxial;

La Figura 2 es un diagrama esquemático que ilustra implantación de una región P_{pozo};

La Figura 3 es un diagrama esquemático que ilustra implantación de una región N+;

La Figura 4 es un diagrama esquemático que ilustra implantación de una región P+;

30 La Figura 5 es un diagrama esquemático que ilustra crecimiento epitaxial;

La Figura 6 es un diagrama esquemático que ilustra grabado de una capa epitaxial;

La Figura 7 es un diagrama esquemático que ilustra implantación lateral de iones de una región de canal del MOS;

La Figura 8 es un diagrama esquemático que ilustra crecimiento de un dieléctrico de puerta;

La Figura 9 es un diagrama esquemático que ilustra fabricación de un electrodo de puerta;

35 La Figura 10 es un diagrama esquemático que ilustra crecimiento de un dieléctrico de aislamiento;

La Figura 11 es un diagrama esquemático que ilustra grabado de un orificio dieléctrico; y

La Figura 12 es un diagrama esquemático que ilustra metalización de un contacto óhmico.

Descripción detallada

40 Las soluciones técnicas de la invención se describen con mayor detalle a continuación con referencia a los dibujos y a las realizaciones.

La invención describe un dispositivo conmutador de SiC y un método de fabricación del mismo, donde el método incluye los siguientes pasos.

(1) Como se muestra en la Figura 1, una capa de deriva 2 de un primer tipo de conducción crece epitaxialmente sobre un sustrato 1 de un primer tipo de conducción.

45 El sustrato 1 del primer tipo de conducción es un cristal de SiC o silicio, por ejemplo estructuras cristalinas 4H, 6H

y 3C, con una concentración de dopaje mayor de $1E19 \text{ cm}^{-3}$.

(2) Como se muestra en la Figura 2, sobre la capa de deriva 2 se conforma mediante implantación de iones una región $P_{\text{pozo } 3}$ dopada de un segundo tipo de conducción.

5 La capa de deriva 2 es una película delgada de SiC, por ejemplo estructuras cristalinas 4H, 6H y 3C, con una concentración de dopaje que varía de $1E14 \text{ cm}^{-3}$ hasta $1,5E16 \text{ cm}^{-3}$. Cuando el primer tipo de conducción es dopaje de tipo N, una impureza dopada es un átomo de nitrógeno, y cuando el primer tipo de conducción es dopaje de tipo P, la impureza dopada es aluminio.

(3) Como se muestra en la Figura 3, sobre la región $P_{\text{pozo } 3}$ dopada se conforma mediante implantación de iones una región N+ 4 de un primer tipo de conducción.

10 (4) Como se muestra en la Figura 4, sobre la región $P_{\text{pozo } 3}$ dopada se conforma mediante implantación de iones una región P+ 10 dopada de un segundo tipo de conducción, donde la región P+ 10 está conectada tanto con la región N+ 4 como con la región $P_{\text{pozo } 3}$ dopada.

(5) Como se muestra en la Figura 5, sobre una superficie del dispositivo se conforman una primera región epitaxial 5 de un primer tipo de conducción y una segunda región epitaxial N+ 6 en una secuencia de crecimiento epitaxial.

15 Un espesor de la primera región epitaxial 5 es menor de $2 \mu\text{m}$. Una estructura superior del dispositivo se procesa mediante dos tiempos de crecimiento epitaxial de la primera región epitaxial 5 y la segunda región epitaxial N+ 6, donde una concentración de dopaje de la primera región epitaxial 5 es menor que la de una región $P_{\text{pozo } 7}$ de implantación lateral, una concentración de dopaje de la segunda región epitaxial N+ 6 es mucho mayor que la de la región $P_{\text{pozo } 7}$ de implantación lateral, una concentración de dopaje de la región N+ 4 es mucho mayor que la de la región $P_{\text{pozo } 7}$ de implantación lateral y la concentración de dopaje de la primera región epitaxial 5 es mayor que la de la capa de deriva 2. Una estructura como esta hace que la longitud de un canal situado en una pared lateral de la primera región epitaxial 5 dependa de un espesor de crecimiento epitaxial.

20

(6) Como se muestra en la Figura 6, se conforma un escalón de SiC mediante un proceso de grabado.

25 (7) Como se muestra en la Figura 7, sobre la superficie del dispositivo se conforma mediante implantación lateral de iones una región $P_{\text{pozo } 7}$ de implantación lateral de un segundo tipo de conducción.

La implantación lateral de iones se utiliza en la región $P_{\text{pozo } 7}$ de implantación lateral, y un ángulo formado entre una dirección de implantación y una superficie de la oblea varía de 85 grados a 0 grados. El método puede conformar el canal en la pared lateral y garantiza que la región dopada del segundo tipo en la pared lateral tenga una anchura suficiente.

30 (8) Como se muestra en la Figura 8, sobre la región $P_{\text{pozo } 7}$ de implantación lateral se conforma por oxidación a alta temperatura una capa dieléctrica de puerta de óxido 8. Un espesor de crecimiento de la capa dieléctrica de puerta varía de $0,005 \mu\text{m}$ a $1 \mu\text{m}$.

(9) Como se muestra en la Figura 9, sobre la capa dieléctrica de puerta 8 se fabrica por crecimiento un electrodo de puerta 9.

35 (10) Como se muestra en la Figura 10, un dieléctrico de aislamiento 11 crece sobre la superficie del dispositivo.

(11) Como se muestra en la Figura 11, se abre un orificio dieléctrico mediante grabado.

40 (12) Como se muestra en la Figura 12, sobre una superficie posterior del sustrato 1 se fabrica mediante un proceso de metalización un electrodo de drenaje de contacto óhmico 13, y en un lado de la región $P_{\text{pozo } 7}$ de implantación lateral sobre una superficie superior del dispositivo se conforma por recocido a alta temperatura una región de contacto óhmico 12.

45 Cuando se aplica una tensión directa al electrodo de puerta 9, se conforma inversamente un canal conductor en una superficie de una pared lateral de un semiconductor en una parte de la primera región epitaxial 5 que se cruza con la región $P_{\text{pozo } 7}$ de implantación lateral, y el dispositivo conmutador se enciende. Cuando se disminuye gradualmente la tensión aplicada al electrodo de puerta 9, se incrementa rápidamente la resistencia de canal, lo que provoca además una mayor caída de tensión en un canal por el que pasa la corriente. Dado que la región N+ 4, la región P+ 10 y la región $P_{\text{pozo } 3}$ dopada están conectadas, y los potenciales de las tres regiones son los mismos, la caída de tensión generada provocará que un potencial de la capa de deriva epitaxial 2 sea mayor que el de la región $P_{\text{pozo } 3}$ dopada, incrementando de esta forma una anchura de una región de agotamiento de la región $P_{\text{pozo } 3}$ dopada en la capa de deriva epitaxial 2. Con una disminución gradual de la tensión, la región de agotamiento de la región $P_{\text{pozo } 3}$ dopada en la capa de deriva epitaxial 2 se hace cada vez más grande y finalmente se apaga completamente un camino de corriente en la capa de deriva epitaxial 2.

50

El encendido-apagado del dispositivo se logra usando los dos mecanismos anteriores. El canal situado en la pared lateral de la primera región epitaxial 5 puede ser muy corto, y el camino de corriente de la capa de deriva epitaxial 2

5 puede apagarse siempre que se genere una caída de tensión suficientemente alta en un proceso de apagado, sin considerar perforación del canal bajo una tensión elevada. Por lo tanto, la presente invención tiene grandes ventajas en comparación con la técnica anterior. Mientras tanto, se puede utilizar un amplio camino de corriente de la capa de deriva epitaxial 2, y una tensión preestablecida se mantiene positiva, de modo que la presente invención tiene grandes ventajas en comparación con un JFET de SiC tradicional. El dispositivo es un dispositivo normalmente apagado.

REIVINDICACIONES

1. Un método para fabricar un dispositivo conmutador de carburo de silicio, SiC, que comprende los siguientes pasos de:

(1) hacer crecer epitaxialmente una capa de deriva (2) de un primer tipo de conducción sobre el lado frontal de un sustrato (1) de un primer tipo de conducción;

5 (2) conformar mediante implantación de iones una región P_{pozo} (3) dopada de un segundo tipo de conducción sobre la capa de deriva (2);

(3) conformar mediante implantación de iones una región N+ (4) de un primer tipo de conducción sobre la región P_{pozo} dopada;

10 (4) conformar mediante implantación de iones una región P+ (10) dopada de un segundo tipo de conducción sobre la región P_{pozo} dopada, donde la región P+ está conectada tanto con la región N+ como con la región P_{pozo} dopada;

(5) conformar una primera región epitaxial (5) de un primer tipo de conducción y una segunda región epitaxial N+ (6) sobre una superficie del dispositivo en una secuencia de crecimiento epitaxial;

(6) grabar la primera región epitaxial (5) y la segunda región epitaxial N+ (6) para conformar un escalón de SiC, dejando la región N+ (4) parcialmente expuesta y la región P+ (10) dopada completamente expuesta;

15 (7) conformar mediante implantación lateral de iones una región P_{pozo} (7) de implantación lateral de un segundo tipo de conducción sobre la superficie del dispositivo;

(8) conformar por oxidación a alta temperatura una capa dieléctrica de puerta de óxido (8) sobre la región P_{pozo} (7) de implantación lateral;

(9) fabricar por crecimiento un electrodo de puerta (9) en un lado de la superficie del dispositivo;

20 (10) hacer crecer un dieléctrico de aislamiento (11) sobre la superficie del dispositivo;

(11) abrir un orificio dieléctrico en el dieléctrico de aislamiento (11) y en la capa dieléctrica de puerta (8) mediante grabado; y

25 (12) fabricar un electrodo de drenaje de contacto óhmico (13) en una superficie posterior del sustrato mediante un proceso de metalización, y conformar por recocido a alta temperatura una región de contacto óhmico (12) en un lado de la región P_{pozo} (7) de implantación lateral sobre una superficie superior del dispositivo;

donde una concentración de dopaje de la segunda región epitaxial N+ (6) es mayor que la de la región P_{pozo} (7) de implantación y una concentración de dopaje de la región N+ (4) de implantación es mayor que la de la región P_{pozo} (7) de implantación.

30 2. El método para fabricar el dispositivo conmutador de SiC de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual, en el paso (7), un ángulo entre una dirección de implantación y la superficie definida por la parte expuesta de la región N+ (4) y la región P+ (10) dopada expuesta varía de 85 grados a 0 grados.

3. El método para fabricar el dispositivo conmutador de SiC de acuerdo con las reivindicaciones 1 ó 2, en el cual el paso (6) expone la región P+ y la región N+ situadas sobre la superficie del sustrato para conformar un canal de pared lateral sobre la pared lateral de la primera región epitaxial (5).

35 4. Un dispositivo conmutador de carburo de silicio, SiC, que comprende:

un sustrato (1),

una capa de deriva (2) de un primer tipo de conducción por encima del sustrato (1),

una región P_{pozo} (3) de implantación dopada de un segundo tipo de conducción dentro de la capa de deriva (2),

40 una región N+ (4) de implantación de un primer tipo de conducción y una región P+ (10) de implantación dopada de un segundo tipo de conducción dentro de la región P_{pozo} (3) de implantación dopada;

una primera región epitaxial (5) de un primer tipo de conducción y una segunda región epitaxial N+ (6) que están dispuestas secuencialmente por encima de la capa de deriva (2) del primer tipo de conducción y que forman un escalón de SiC que deja la región N+ (4) parcialmente expuesta y la región P+ (10) dopada completamente expuesta; y

45 una región P_{pozo} (7) de implantación de un segundo tipo de conducción que forma un canal lateral de un segundo tipo de conducción en la primera región (5) y que está en contacto con la región N+ (4) de implantación y con la región P_{pozo} (3) de implantación dopada;

- una capa dieléctrica de puerta de óxido (8) dispuesta por encima de la región P_{pozo} (7) de implantación;
- un electrodo de puerta (9) dispuesto por encima de la capa dieléctrica de puerta (8);
- un dieléctrico de aislamiento (11) dispuesto por encima del electrodo de puerta (9);
- 5 un electrodo de drenaje de contacto óhmico (13) dispuesto por debajo del sustrato (1) y una región de contacto óhmico (12) dispuesta en un lado de la región P_{pozo} (7) de implantación por encima de la región $N+$ (4) de implantación y de la región $P+$ (10) de implantación dopada del dispositivo;
- donde una concentración de dopaje de la segunda región epitaxial $N+$ (6) es mayor que la de la región P_{pozo} (7) de implantación, y una concentración de dopaje de la región $N+$ (4) de implantación es mayor que la de la región P_{pozo} (7) de implantación.
- 10 5. El dispositivo conmutador de SiC de acuerdo con la reivindicación 4, en el que una profundidad de implantación de la región P_{pozo} (3) dopada del segundo tipo de conducción es menor que la de la capa de deriva (2) del primer tipo de conducción, y una profundidad de implantación de la región $N+$ (4) del primer tipo de conducción es menor que una profundidad de implantación de la región $P+$ (10) dopada del segundo tipo de conducción.
- 15 6. El dispositivo conmutador de SiC de acuerdo con la reivindicación 4, en el cual una concentración de dopaje de la región P_{pozo} (7) de implantación lateral es mayor que la de la primera región epitaxial (5).
7. El dispositivo conmutador de SiC de acuerdo con la reivindicación 4, en el cual una concentración de dopaje de la primera región epitaxial (5) es mayor que la de la capa de deriva (2).
8. El dispositivo conmutador de SiC de acuerdo con la reivindicación 4, en el cual un espesor de la primera región epitaxial (5) es menor de 2 μm .
- 20 9. El dispositivo conmutador de SiC de acuerdo con la reivindicación 4, en el cual un espesor de crecimiento de la capa dieléctrica de puerta (8) varía de 0,005 μm a 1 μm .

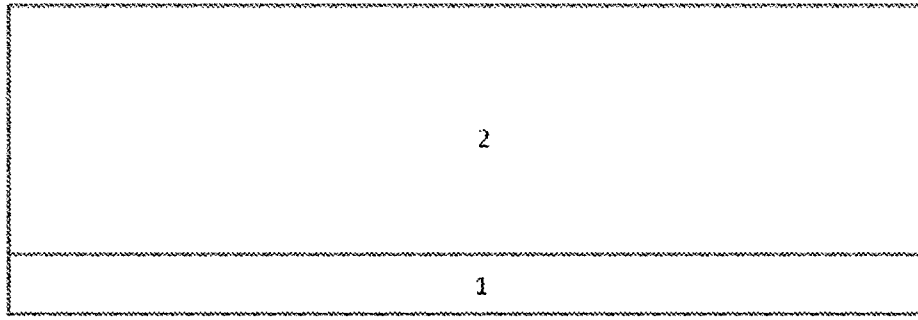


Fig. 1

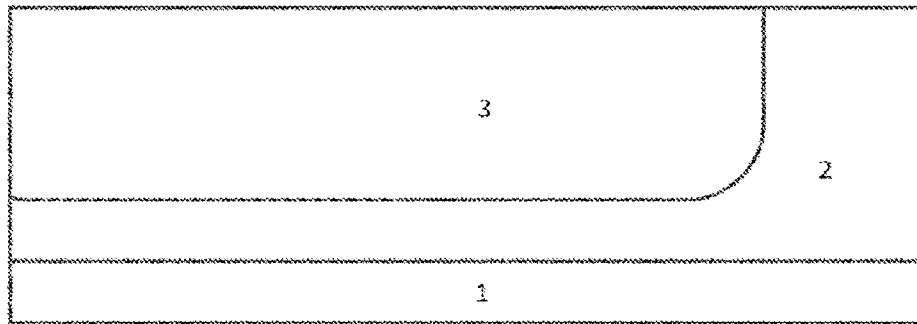


Fig. 2

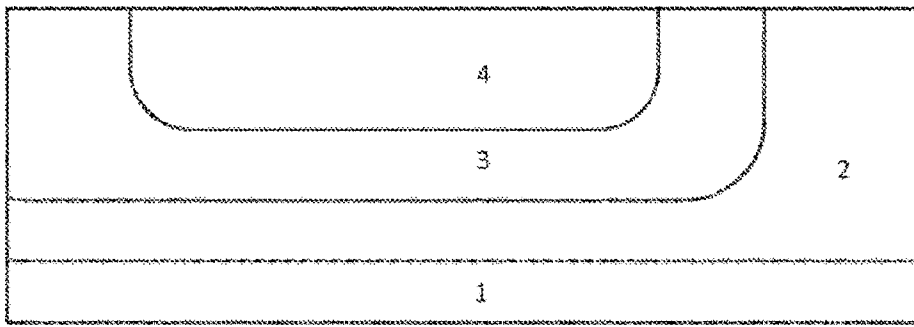


Fig. 3

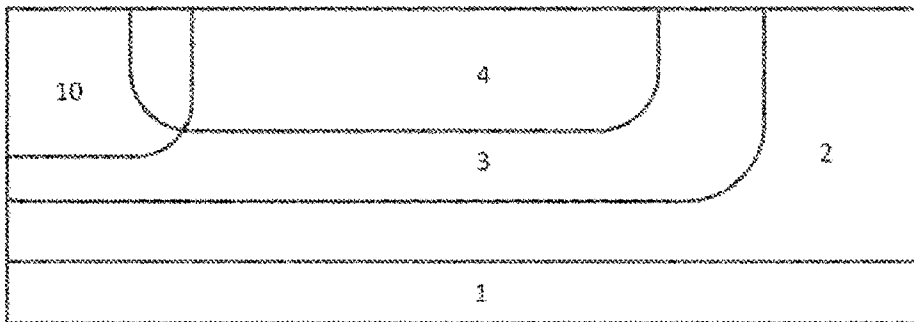


Fig. 4

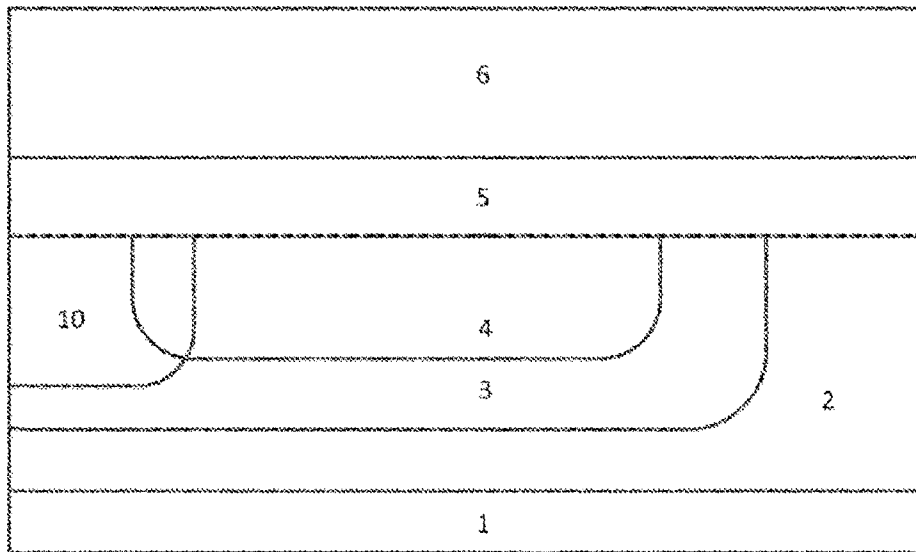


Fig. 5

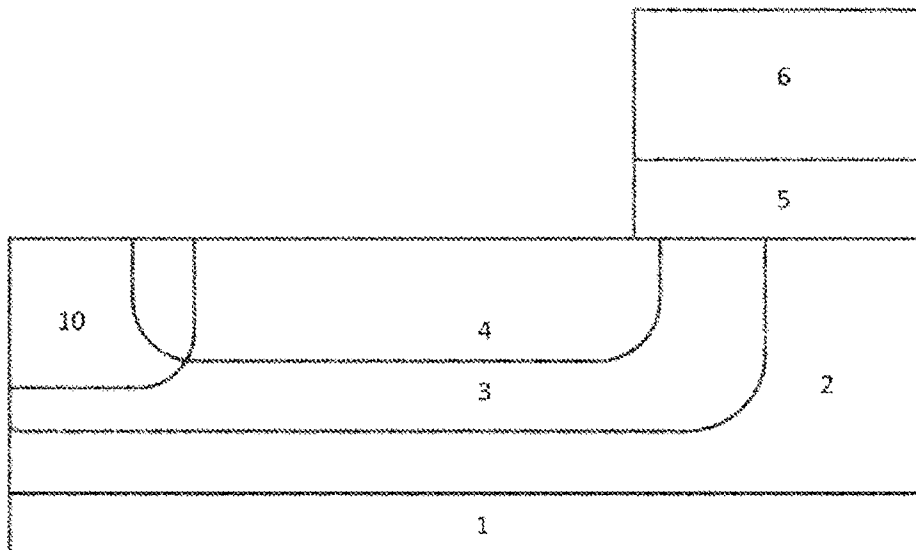


Fig. 6

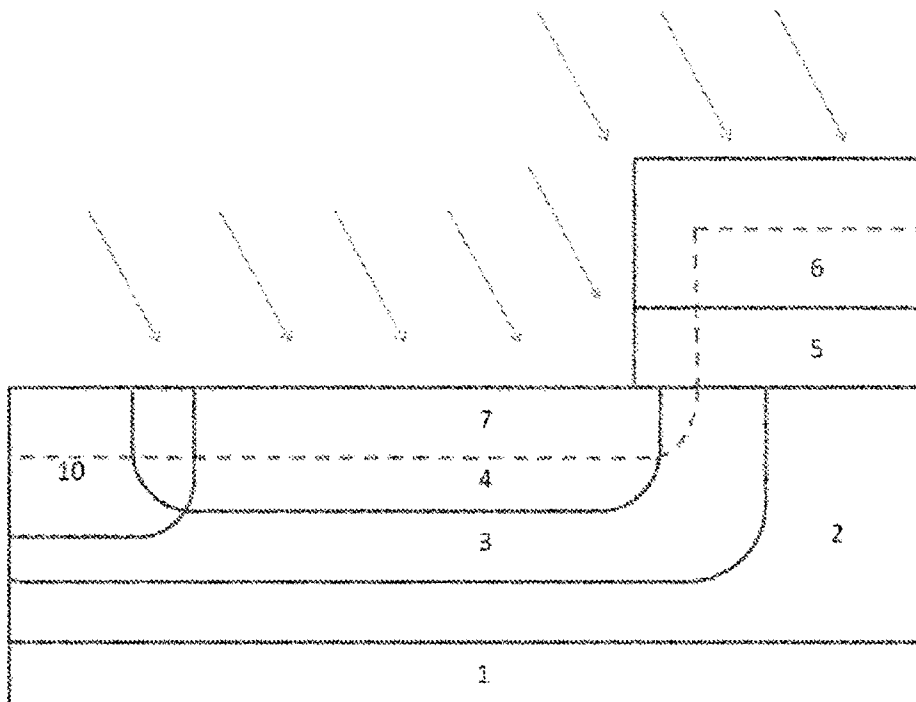


Fig. 7

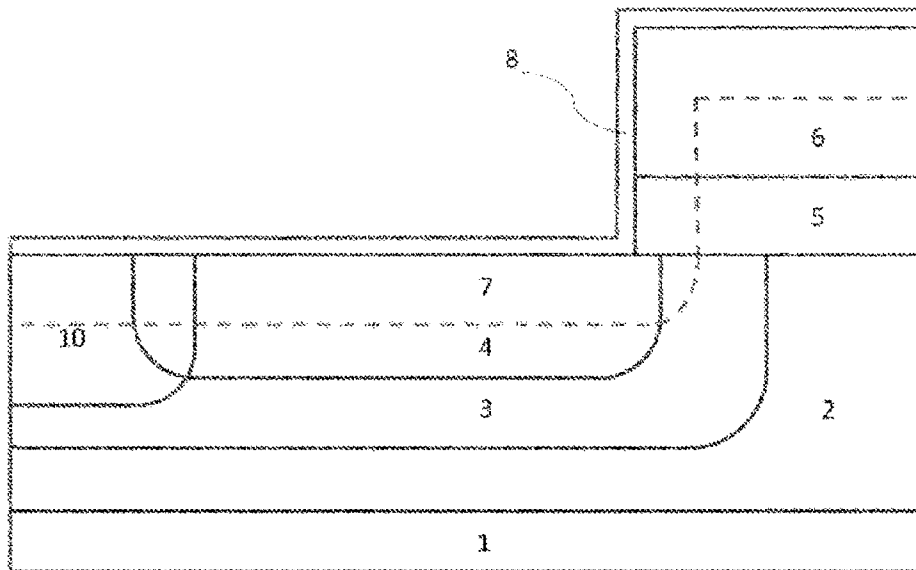


Fig. 8

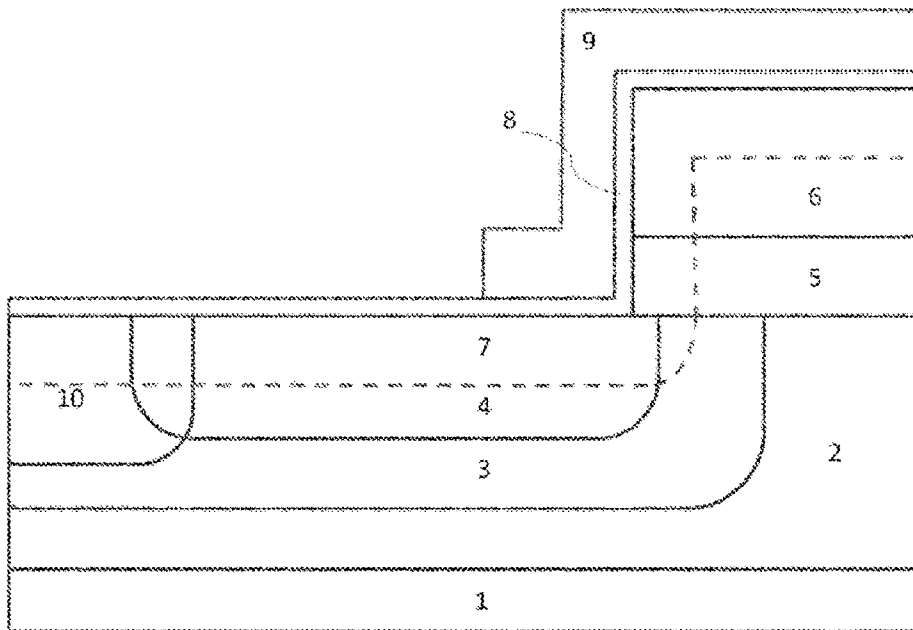


Fig. 9

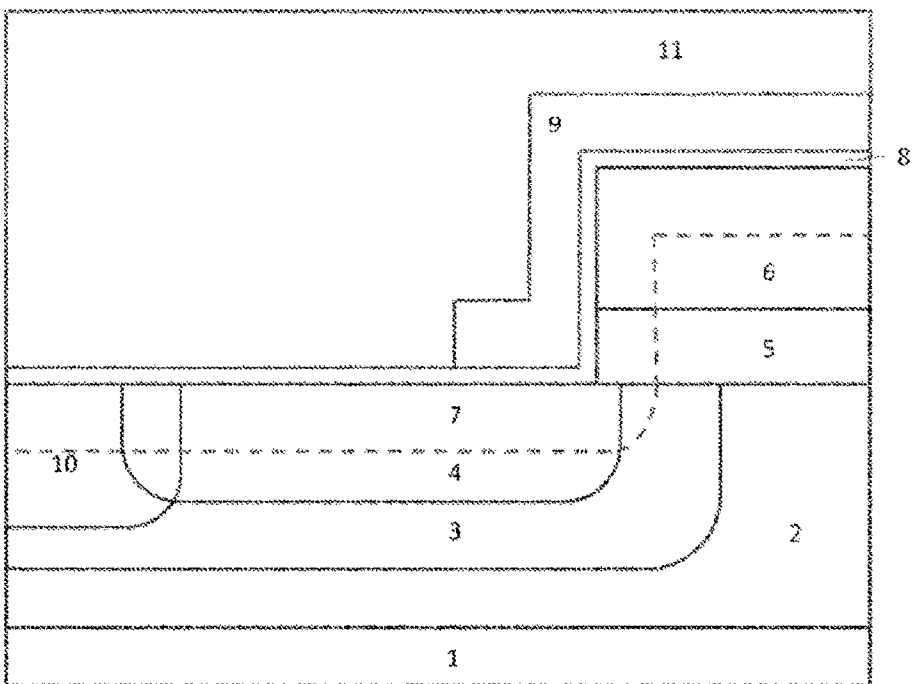


Fig. 10

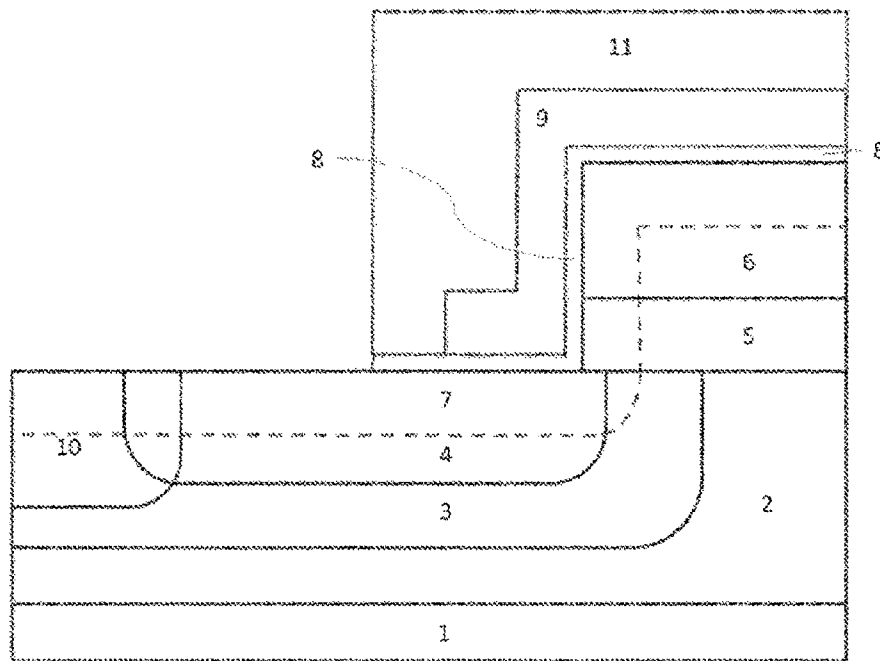


Fig. 11

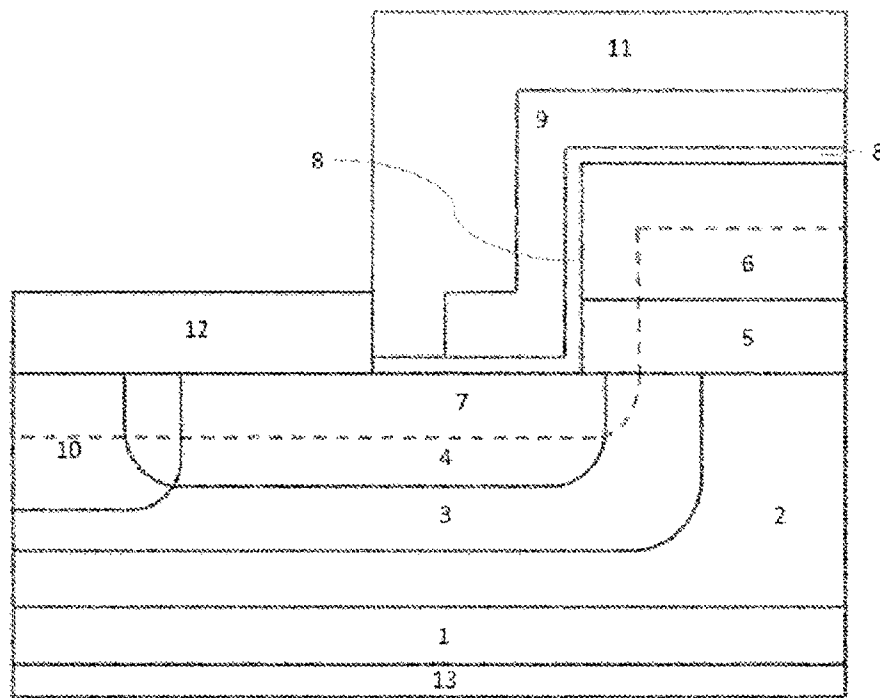


Fig. 12