

374098



SECCION TECNICA
CLASIFICACION I. P. C.
CLASE H-01
SUBCLASE L

PATENTE DE INVENCION

a favor de

WESTERN ELECTRIC COMPANY, INCORPORATED - de nacionalidad norteamericana - con domicilio en 195 Broadway, NEW YORK (EE.UU.),

por :

"Método para la formación de un dispositivo rectificador de semiconductor y dispositivo rectificador de semiconductor correspondiente".

-----:00:-----

Memoria descriptiva



La presente invención se refiere a un dispositivo de semiconductor producido por implantación iónica (o dopado especial o injertación iónica, que a lo largo de la presente memoria utilizaremos la palabra "implantación" para significar tal fenómeno) y a un método para su fabricación.

Ya es sabido que los diversos dispositivos de unión de semiconductores presentan un rendimiento eléctrico mejorado si la unión se hace esencialmente plana. Ver, por ejemplo, la publicación "Bell System Technical Journal" (1968), Vol. 47 nº 2 págs. 195-208. Las uniones producidas mediante procedimiento usual, como aleación o difusión producen ordinariamente uniones no planas. Además, la unión cruza la superficie del sustrato que necesita el control de los estados de la superficie alrededor de la unión, limpiando detalladamente y luego pasivando las regiones expuestas. Se pueden producir uniones planas utilizando técnicas epitaxiales y de difusión para formar la ya conocida estructura de mesa, pero aquí la unión se extiende otra vez a la superficie del sustrato. Además, en la estructura de mesa la superficie del dispositivo no es plana. Esto limita la posibilidad de aplicar técnicas planas para proveer de electrodos y dispositivos múltiples de interconexión para circuitos integrados.

Las citadas y otras dificultades se pueden subsanar por lo menos parcialmente mediante la aplicación de implantación iónica para producir una superficie de contacto aislante alrededor de una unión de la barrera. La estructura resultante comprende una unión plana que está aislada de las superficies descubiertas del dispositivo.



De acuerdo con la presente invención, se provee un método para fabricar un dispositivo rectificador de semiconductor que tiene una superficie plana y una barrera rectificadora coplanaria profunda, con las fases de implantación mediante bombardeo iónico una región de elevada resistividad que se extiende desde la superficie del cuerpo semiconductor hasta debajo de la barrera rectificadora y circunda una región esencialmente continua que define un perímetro alrededor de una importante zona de la porción coplanaria de la superficie de contacto rectificadora.

Conforme a la invención, se provee además un dispositivo rectificador de semiconductor que tiene un cuerpo semiconductor con una superficie principal esencialmente plana y una barrera rectificadora situada debajo de la superficie y coplanaria con ella, definiéndose los límites de la barrera por un anillo protector aislante que se extiende desde la superficie hasta una profundidad que sobrepasa la profundidad de la barrera, dicho anillo protector comprende iones implantados seleccionados del grupo formado por oxígeno, nitrógeno y carbono.

La invención se apreciará más ampliamente considerando la siguiente descripción detallada.

En los dibujos :

La figura 1 es una vista en perspectiva con una sección frontal de un cuerpo semiconductor que incorpora una unión p-n rodeada por un anillo protector aislante formado mediante el método de la presente invención.

La figura 2 es una vista en perspectiva con una sección frontal de un dispositivo similar al de la figura 1, excepto



que se proveen medios para establecer contacto a la región de conductividad subsuperficial.

La figura 3 es una vista esquemática de un aparato apto para llevar a cabo el método de la invención.

5 La figura 4 es una vista en perspectiva de una tablilla de muestra preparada para implantación en el aparato de la figura 3; y

La figura 5 es una sección frontal de un dispositivo fabricado de acuerdo con una forma de realización preferida de la invención.

10 En la figura 1 se ilustra un ejemplo de dispositivo fabricado conforme a la presente invención. Entre la región p -10- y la región n -11- se forma una unión p-n. La región p se puede formar de muchas maneras ya conocidas, tales como por precipitación epitaxial (por reacción en fase gaseosa, pulverización o recrecimiento líquido) por difusión plana, implanta-
15 ción iónica o mediante otras técnicas adecuadas. El objetivo que se persigue es la formación de una unión plana debajo de la superficie del semiconductor. El anillo protector -12- que define el contorno de la unión se forma implantando en el cristal semiconductor átomos mediante bombardeo de energía elevada que forma aislantes con el semiconductor. La profundidad de
20 implantación debe ser mayor que la profundidad de la unión. El alcance lateral de implantación no es crítica. La estructura resultante es una verdadera unión plana efectivamente aislada
25 de las superficies del dispositivo. Los electrodos -13- y -14- establecen contacto respectivamente con las regiones n y p. Una característica no corriente de este dispositivo consiste en la



ausencia de una capa superficial de pasivación de unión.

La figura 2 muestra una estructura algo más detallada que comprende un anillo protector múltiple en el que se proveen medios para establecer conexión eléctrica a la región de impureza subsuperficial desde la superficie superior. Los elementos -10-, -11- y -12- son los mismos que en la figura 1, dando una estructura de diodo con una unión plana. En -23- se ilustra un anillo aislante implantado que se extiende en una profundidad mayor que la de la unión y que se puede obtener de igual manera que el anillo -12-, convenientemente en la misma operación. Luego se implanta selectivamente una impureza tipo n en la zona circundada por el anillo -23- hasta una profundidad que es mayor que la profundidad de la unión para establecer contacto con la capa n. Ejemplos de impurezas tipo n son fósforo y arsénico para silicio y germanio. Evidentemente, los tipos de conductividad se pueden invertir en las estructuras descritas. Ahora se pueden hacer conexiones eléctricas -24- y -25- en la superficie plana.

El método utilizado para implantar el anillo protector aislante puede ser normal y no forma parte de la invención. Un método a título de ejemplo se describirá en relación con el aparato de la figura 3. El aparato de implantación comprende una fuente iónica -30- (F.I. en la figura 3) para suministrar iones apropiados, por ejemplo, de oxígeno o nitrógeno. Se describen más ampliamente fuentes iónicas en la publicación "Methods of Experimental Physics", Vol. 4, Pt. A, págs. 256-283 (1967). Lentes electrostáticas o magnéticas (no ilustradas) concentran un haz iónico en una columna de aceleración -31- que acelera los

374098



ionos a una energía predeterminada deseada. El haz iónico atraviesa un tubo de desviación -32- que es un tubo alargado que se ha hecho el vacío a una presión del orden de 10^{-6} torr. pasando luego el haz a través de un imán de separación de masa 5 -33- que extrae impurezas iónicas del haz. La dirección del haz es controlada por un deflector x-y -34- que dirige el haz sobre una zona deseada de la tablilla -35-.

La tablilla se ilustra con detalle en la figura 4. El cuerpo semiconductor que comprende la unión rectificadora se designa con -40-. Con -41- se indica una máscara que se puede 10 formar por medio de técnicas de fotorresistencia normales. La región descubierta por la máscara permite la formación del anillo protector aislante, por ejemplo, el anillo -12- de la figura 1. La máscara -41- debe ser lo bastante gruesa para impedir la penetración del haz iónico al silicio subyacente. El 15 substrato se ilustra montado sobre una tablilla de soporte -35-, que está constituida de un material estable a las condiciones necesarias para efectuar la implantación, por ejemplo, acero inoxidable o molibdeno.

20 En la figura 3 se muestra un medio -36- para calentar el substrato y recocerlo continuamente sin deterioro producido por radiación y es un accesorio ventajoso y a menudo necesario. Por ejemplo, para implantar oxígeno en silicio es conveniente mantener una temperatura del substrato como mínimo de 25 650 °C durante la implantación.

El haz iónico debe penetrar en el semiconductor hasta una profundidad superior a la profundidad de la unión. Esta profundidad puede variar desde unos pocos centenares de Angs-

374098



troms en el caso de un dispositivo de barrera superficial has-
ta varias micras para un dispositivo de unión p-n difusa. Las
condiciones para formar dichas capas pueden variar considera-
blemente. Sin embargo, en un ejemplo específico, se puede ha-
5 cer crecer una capa de SiO_2 en silicio de un espesor de 1
aproximadamente empleando un voltaje de rampa de 300 kev. a ce-
ro kev. con una exposición total o integrada de aproximadamen-
te 1 amp. seg/cm². Así se pueden obtener regiones aislantes
para la región implantada.

10 Se pueden seleccionar varios iones para la implanta-
ción con el fin de formar el anillo protector aislante. En el
caso de los semiconductores más comúnmente empleados (Si, Ge,
y los semiconductores del III-V) son especialmente adecuados
el oxígeno, nitrógeno, carbono y mezclas de ellos. La resis-
15 tividad del anillo protector implantado ha de ser superior a
la resistividad de la región de semiconductor activa por lo me-
nos en dos órdenes de magnitud.

La invención es aplicable a muchas formas de dispositi-
vos en los que son útiles uniones planas o barreras de poten-
20 cial. Considerando que la figura 1 se ha descrito como una
unión p-n entre las capas -10- y -11-, se puede emplear la mis-
ma geometría para formar una barrera plana "Schottky" entre una
capa metálica -11- y un cuerpo semiconductor -10-. La super-
ficie de contacto plana en este dispositivo determina caracte-
25 rísticas de descarga inversa "dura" y esto constituye una im-
portante particularidad. Una descarga bien definida con con-
siguiente reducción en corriente de fuga (que ocurre típicamen-
te a lo largo de las regiones no planas de la barrera) permite



utilizar el diodo para rectificaci3n de potencia elevada y mejora las caracteristicas de conmutaci3n y oscilaci3n. As3, el t3rmino "barrera de potencial" cuando se emplea en el amplio contexto de dispositivos de uni3n comprende tambi3n uniones de barrera superficial. Con las finalidades de la presente invenci3n, una barrera de potencial est3 bien descrita como un contorno entre materiales diferentes que presentan conducci3n no 3hmica.

En la figura 5 se ilustra una forma de realizaci3n en la que se aplica la t3cnica de la implantaci3n de la invenci3n en la formaci3n de un anillo protector aislante alrededor de una barrera "Schottky". Aqu3 un substrato de silicio -50- de tipo n⁺ provisto de una capa tipo n de silicio -51- de ~1 ohm-cm. se trata para formar una capa de siliciuro met3lico -52- y de este modo hay siliciuro met3lico hasta la barrera superficial de silicio -53-. Ahora son muy conocidas t3cnicas para formar el siliciuro met3lico pero a continuaci3n se puede describir brevemente una forma de realizaci3n a t3tulo de ejemplo. Una capa de un metal formador de siliciuro, tal como n3quel, titanio, zirconio, hafnio, o uno de los seis metales del grupo del platino se deposita sobre el substrato de silicio por evaporaci3n, pulverizaci3n u otra t3cnica adecuada. La capa debe tener ordinariamente un espesor de 300 Å a 3000 Å. El substrato se calienta hasta una temperatura suficiente para formar el siliciuro del metal. Esta temperatura exceder3 generalmente de 400 2C., y ser3 normalmente del orden de los 700 2C. Como caso espec3fico, se puede evaporar zirconio con una espiral de tungsteno o un crisol de carbono a 1600 2C. El



siliciuro se forma fácilmente a 700 °C. Después de formado el siliciuro se aplica un contacto metálico -54- a una zona seleccionada de la superficie. Esto se puede llevar a cabo, por ejemplo, evaporando una capa de metal, como aluminio, titanio o zirconio, sobre la superficie de la capa de siliciuro -52- y la región de contacto definida mediante corrosión selectiva de acuerdo con métodos fotolitográficos normales. La superficie del conjunto en este punto se expone a la implantación iónica de oxígeno como se ha descrito. La profundidad de implantación se indica mediante la línea de trazos -55- en la figura 5. El dispositivo consiste ahora en una barrera de siliciuro metálico a silicio -53- resguardada por un anillo protector de óxido. El contacto metálico actúa como una máscara durante la fase de implantación de oxidación. Si el contacto -54- está formado por un metal de válvula o pelliculígeno, su superficie también pasa a estar oxidada y con ello aislada en el proceso de formación del anillo de protección. En este caso, el hilo de electrodo o el circuito impreso debe estar en su lugar antes de la oxidación. El contacto puede ser también un terminal viga normal, es decir, de Pt-Ti-Au, Cr-Au o de material de contacto similar.

Una de las características aprobadas de los dispositivos "Schottky" o de barrera superficial fabricados con barreras de siliciuro metálico a silicio consiste en que la unión se forma debajo de la superficie del dispositivo, así evita algunos de los problemas del estado de la superficie con que se tropieza cuando la superficie del sustrato se emplea como una superficie de contacto de unión (por ejemplo, en dispositivos MOS).



No obstante, de acuerdo con la técnica de la presente invención, la fase de oxidación necesaria para formar el anillo protector pasiva también todas las regiones expuestas y la ventaja inherente a las barreras de siliciuro de silicio antes citadas es menos vital. Ahora resulta práctico emplear barreras de metal a semiconductor ordinarias tal como de aluminio o silicio, paladio o germanio, oro o arseniuro de galio y otras combinaciones en las que la superficie del sustrato es esencialmente la superficie de contacto de barrera.

10 Considerando que el término "anillo" se ha empleado para describir la estructura aislante a que está dirigida la invención, se debe entender que la invención no queda limitada a una forma de anillo en el sentido usual, sino que comprende cualquier forma utilizable para las finalidades de la invención. Sólo es necesario que la región aislante circunscriba o aisle esencialmente una parte de la región activa plana. La técnica se puede emplear asimismo para proveer regiones de aislamiento en circuitos integrados sobre conjuntos LSI de integración a gran escala.

20

N O T A
=====

Se reivindica como objeto de la presente patente de invención :

25 1. - Método para la fabricación de un dispositivo rectificador de semiconductor, que tiene una superficie plana y una barrera rectificadora coplanaria profunda, caracterizado por las fases de implantación mediante bombardeo iónico una re-



gión de resistividad elevada que se extiende desde la superficie del cuerpo semiconductor hasta debajo de la barrera rectificadora y circunda una región esencialmente continua que define un contorno alrededor de una importante zona de la parte coplanaria de la superficie de contacto rectificadora.

2. - Método, según la reivindicación 1, caracterizado porque las iones implantados son de oxígeno, nitrógeno, carbono o mezclas de ellos.

3. - Método, según las reivindicaciones 1 ó 2, caracterizado porque la superficie de contacto rectificadora es una unión p-n.

4. - Método, según las reivindicaciones 1 ó 2, caracterizado porque la superficie de contacto rectificadora es una barrera "Schottky".

5. - Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque el semiconductor contiene silicio.

6. - Método, según una cualquiera de las reivindicaciones 1-5, caracterizado por las fases de implantación mediante bombardeo iónico dentro de la zona del semiconductor circundada por la región de resistividad elevada, impurezas del mismo tipo de conductividad que la de la región situada debajo de la capa de barrera, para proporcionar contacto eléctrico a esa región desde la superficie del dispositivo.

7. - Método, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado porque dentro de la zona definida por el perímetro de la primera región se implanta una segunda región de resistividad elevada.

8. - Dispositivo rectificador de semiconductor, fabri-

374098



cado de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por un cuerpo semiconductor (10, 11 ó 50, 51) provisto de una superficie principal esencialmente plana y de una barrera rectificadora (53) situada debajo de la superficie y coplanar con la misma, los límites de la barrera están definidos por un anillo protector aislante (12, 23) que se extiende desde la superficie a una profundidad superior a la profundidad de la barrera, cuyo anillo protector comprende iones implantados seleccionados del grupo constituido por oxígeno, nitrógeno y carbono.

9. - Dispositivo rectificador de semiconductor, según la reivindicación 8, caracterizado por presentar una región del semiconductor (25) circundada por un anillo protector aislante (23) y que contiene impurezas del mismo tipo de conductividad que la de la región situada debajo de la capa de barrera (11) para proporcionar contacto eléctrico a esa región (11) de la superficie del dispositivo.

10. - Método para la formación de un dispositivo rectificador de semiconductor y dispositivo rectificador de semiconductor correspondiente.

Esta memoria consta de doce páginas, escritas por una sola cara.

BARCELONA, 21 NOV. 1969

P. A.

374998



FIG. 1

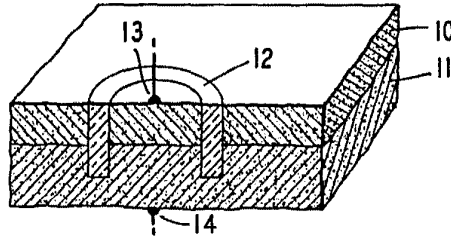


FIG. 2

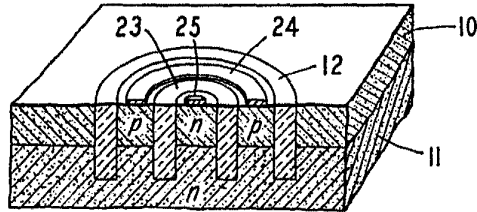


FIG. 3

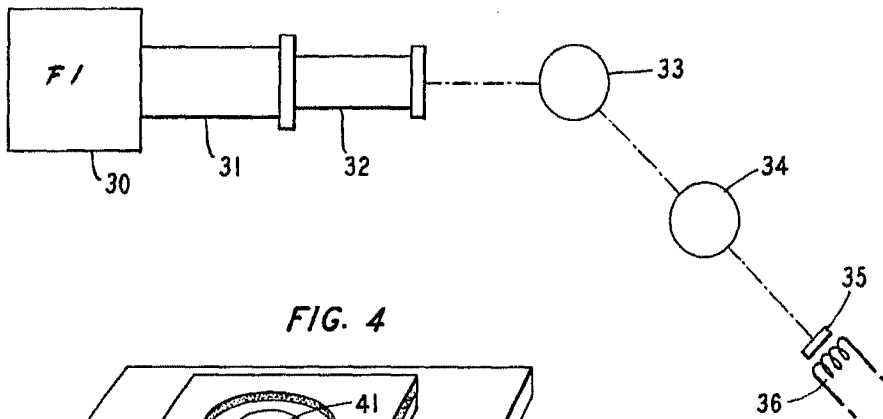


FIG. 4

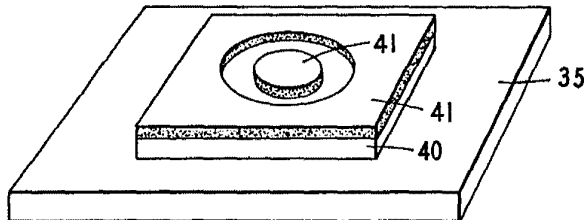
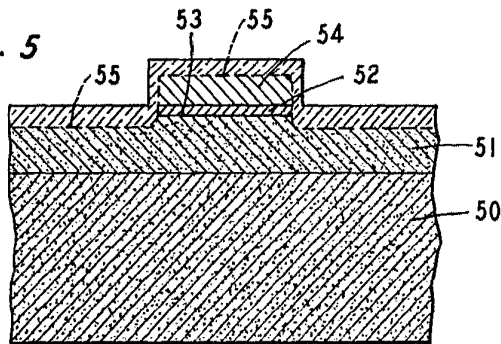


FIG. 5



FOR AUTORIZACION.

[Handwritten signature]