

374056



374056

SECCION TECNICA
CLASIFICACION I. P. C.
CLASE <u>H-01</u>
SUBCLASE <u>L</u>

PATENTE DE INVENCION

a favor de

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

por :

"Dispositivo de barrera de potencial"

====:000:=====

Memoria descriptiva



Esta invención se refiere a un dispositivo de barrera de potencial perfeccionado.

Ya son conocidos los dispositivos de barrera de potencial que comprenden diodos de barrera superficial basados en conducción no óhmica y en una unión de metal con semiconductor. Sin embargo, la característica inversa "blanda" que parece ser un defecto general en dichos dispositivos limita su utilidad para ciertas importantes aplicaciones a dispositivos. El mecanismo responsable de este comportamiento anómalo ha sido identificado recientemente como una descarga inversa prematura causada por los efectos de borde en la unión. Se ha sugerido un remedio que consiste en construir el diodo de manera que la unión es esencialmente plana en toda su superficie. Un método para obtener esta estructura consiste en emplear un anillo de protección de unión p-n como el que se describe en la publicación "The Bell System Technical Journal, Vol. 47" nº 2, págs. 195-208 (1968). Se ha encontrado que los diodos hechos de acuerdo con dichas técnicas presentan características de descarga inversa casi ideales muy acusadas. Es evidente que un diodo "Schottky" fabricado con una estructura de anillo de protección es un dispositivo útil y potencialmente importante. También es evidente que consideraciones similares aplicadas a uniones p-n clásicas y ya que el perfil del campo eléctrico en una barrera de "Schottky" es directamente comparable al perfil del campo en una unión p-n por la finalidad de esta invención, la barrera de "Schottky" puede ser considerada como una unión p-n poco profunda. Así en los aspectos más amplios la invención es aplicable a "dis-



positivos de barrera de potencial", término que se pretende sea genérico a las varias formas de uniones de rectificador.

El dispositivo de barrera de potencial perfeccionado en el que el anillo protector es una capa aislante formada en la superficie plana del dispositivo es estructuralmente distinto de las configuraciones de dispositivo de anillos protectores de unión p-n propuestas con anterioridad. En comparación con los anillos protectores de unión p-n conocidos, el anillo protector aislante es ventajoso gracias a su inherente simplicidad y a que el diodo puede hacerse con menor resistencia en serie en la capa de substrato. La capacidad en paralelo de la unión p-n también se elimina. Más concretamente, se ha descubierto que el voltaje de descarga inversa de una barrera "Schottky" protegida por una unión p-n es influida fuertemente por el gradiente de impureza de la unión y que una unión graduada progresivamente mejora la descarga. Sin embargo, una unión graduada requiere un substrato más grueso y esto contribuye a la resistencia parásita. La presencia de capacidad en paralelo accidental atribuida a la presencia del anillo protector de unión se pone de manifiesto por sí misma.

Las técnicas de fabricación para formar estructuras anulares protectoras aislantes son aspectos adicionales de la invención. Aunque existen indudablemente muchos procedimientos posibles para la fabricación de dispositivos de barrera de potencial con anillos protectores aislantes, los que se describirán son especialmente compatibles con técnicas de fabricación plana y de terminales viga.

Por ejemplo, una serie de fabricación, que está orien-



tada hacia dispositivos de barrera metálicos de silicio-siliciuro afecta brevemente las fases de depositar un aislador superficial sobre un substrato de silicio, corroer una ventana en el aislador, depositar una película de metal formador de siliciuro en la ventana, depositar un contacto metálico en la ventana para dejar un espacio anular entre el contacto y el óxido, y oxidar el siliciuro expuesto en el anillo y la superficie de silicio por debajo de la superficie de contacto para formar el anillo protector de óxido. Se apreciará que el anillo protector se sitúa precisamente como resultado del empleo del contacto metálico como una máscara durante la fase de oxidación final.

Otro procedimiento que ha tenido aplicación más general combina la fase de formar el anillo protector aislante con una fase de pasivación y participa de la característica del procedimiento anteriormente descrito de colocar el anillo protector respecto de la barrera empleando el contacto metálico como una máscara durante la oxidación. Una ventaja adicional de esta serie de fabricación es la ausencia de una máscara de óxido. La supresión de esta fase, que ha llegado a ser aceptada como una necesidad normal en tecnología plana, constituye un avance. De acuerdo con la invención se provee cláusula de consistencia.

Los citados y otros aspectos de la invención se explicarán más ampliamente en la descripción detallada que sigue.

En los dibujos :

La figura 1 es una vista frontal en sección de un substrato de silicio fabricado de acuerdo con las técnicas de la

374056



invención; y

La figura 2 es una sección frontal de un dispositivo de barrera de silicio fabricada según una variante de realización de la invención.

5           En la figura 1 el substrato -10- es silicio  $n^+$  provisto en su superficie de una capa tipo  $n$  -11-. La superficie se oxida mediante métodos normales, tales como una oxidación de vapor o de plasma o por precipitación pirolítica de  $SiO_2$  para formar una capa de óxido -12- sobre la superficie de la  
10   capa  $n$  -11-. Un espesor apropiado para esta capa queda definido en la gama de  $1000 \text{ \AA}$  a  $10.000 \text{ \AA}$ , aunque este grueso no es crítico. Luego la capa de óxido se corroe para descubrir una ventana que tiene una dimensión de promedio "a" del orden  
15   de 25 micras, si bien esta dimensión asimismo se da solamente como ejemplo. En la ventana se deposita un metal formador de siliciuro metálico. Los metales formadores de siliciuro más efectivos son Ni, Ti, Zr, Hf y los seis metales del grupo del platino. La precipitación se puede llevar a cabo por medio de  
20   varias técnicas normales, como por evaporación o pulverización. El metal se puede evaporar o pulverizar sobre toda la superficie y el conjunto se puede calentar a una temperatura superior a  $400 \text{ }^\circ\text{C}$ ., usualmente del orden de los  $700 \text{ }^\circ\text{C}$ ., para contribuir a la formación de la capa de siliciuro -13- en la ventana. Después el metal que queda sobre el óxido se puede sacar por  
25   corrosión o retirar por retropulverización. El espesor de la película depositada es adecuadamente  $1000 \text{ \AA}$  y se puede variar con buenos resultados dentro de la gama de  $400 \text{ \AA}$  a  $2000 \text{ \AA}$ . Después de formar el siliciuro, la superficie del dispositivo



se cubre con una capa -14- de titanio y una capa -15- de platino para formar parte de un contacto convencional del tipo terminal viga. Gruesos adecuados para dichas películas son respectivamente 1000 Å y 3000 Å. Estas dimensiones asimismo  
5 no son críticas. Se ha de emplear suficiente titanio para hacer que el contacto viga se adhiera bien al siliciuro y cumpla una útil función de "adsorción de gases residuales". Con tales fines son suficientes de 500 Å a 2000 Å. La capa de platino sirve simplemente para separar la capa de titanio de la  
10 capa de oro superpuesta (aplicada más tarde), y debe ser algo más gruesa que la capa de titanio, es decir, de 1000 Å a 5000 Å. La capa de oro usual superpuesta -16- se deposita luego sobre una porción del contacto Ti-Pt, dejando un anillo anular entre la capa superpuesta y el óxido rodeando la ventana. Es-  
15 ta capa superpuesta es típicamente de un espesor de 1 a 20 micras. El grueso debe ser por lo menos el doble del espesor combinado de las capas de Ti-Pt para permitir el uso de la fase de retropulverización que se describirá, pero de todos modos no es relativamente importante. El contacto se puede depo-  
20 sitar por electromoldeo de una manera usual. La forma o tamaño del contacto metálico no es importante mientras el anillo situado entre el contacto y la capa de óxido se conserve. El platino aún descubierto se retira luego mediante retropulverización. Durante esta fase la capa de oro superpuesta actúa  
25 como una máscara en el sentido de que define la región de platino que queda. La retropulverización de la capa de oro superpuesta no tiene de por sí importancia debido al grueso relativo de las capas afectadas. Una técnica de retropulveriza-



5 ción útil para estas y las otras operaciones de retropulverización que se exponen en esta memoria se describe y reivindica en la patente estadounidense nº 3.271.286 expedida el 6 de septiembre de 1966 de M.P.Lepseiter. El titanio expuesto mediante esta operación se extrae igualmente por retropulverización.

10 La anterior serie de operaciones se dan sólo a título de ejemplo. Son posibles muchas variaciones que conducen al mismo resultado. Por ejemplo, si el siliciuro se deposita sobre toda la superficie del sustrato antes de formar la capa de óxido -12-, entonces se hace innecesaria la retirada del metal formador de siliciuro de la superficie de óxido. El objetivo que se persigue en esta etapa del proceso es tener un anillo entre el contacto metálico y la capa de óxido.

15 Luego se somete al conjunto a una fase de oxidación para aumentar una capa de óxido en el siliciuro, el cual puede ser, por ejemplo, una superficie de siliciuro de zirconio descubierta en el anillo. Esta capa se puede hacer crecer mediante el método descrito y reivindicado en la patente estadounidense nº 3.337.438 expedida el 22 de agosto de 1967 de G.W. Gobeli y J.R. Ligenza. No es suficiente con depositar una película de óxido en el anillo ya que el anillo protector aislante se debería extender por debajo de la superficie, y por debajo de la superficie de contacto de silicio-siliciuro metálico hasta una profundidad que sobrepase el espesor de carga espacial. Concretamente, sería en general suficiente con que la capa aislante se extendiera como mínimo un espesor de 1000 Å por debajo de la superficie de contacto de silicio-siliciuro

20

25



ro metálico. Cuando el platino se emplea como metal formador de siliciuro, el siliciuro de platino se retira preferiblemente por retropulverización antes de la oxidación, dado que el siliciuro de platino resiste la oxidación. La estructura resultante es un dispositivo de barrera de potencial en el que, debido al anillo protector de óxido, la barrera es plana en toda su superficie. El anillo protector de óxido forma un asiento preciso con el contacto metálico como consecuencia del empleo del contacto metálico como una máscara durante el crecimiento del óxido.

Un procedimiento diferente, que se prefiere desde el punto de vista de la simplicidad, para la formación de una estructura anular protectora de óxido, se describe con referencia a la figura 2. Un substrato de silicio -20- que tiene una capa n -21- se expone a un metal formador de siliciuro para formar una capa metálica de siliciuro -22- sobre toda la superficie del semiconductor. Después el contacto metálico -23- se aplica a la superficie de siliciuro por medio de evaporación y corrosión localizada de acuerdo con técnicas usuales de película delgada. El contacto puede estar constituido por cualquier metal conductor, como oro o titanio o un metal pelculígeno o un metal de válvula, como aluminio, tántalo, niobio, tungsteno, zirconio o hafnio. Luego se oxida el conjunto, por ejemplo mediante la técnica de plasma citada en relación con la fabricación del dispositivo de la figura 1. La capa de óxido crecerá en la superficie de siliciuro y en el contacto metálico si comprende un metal pelculígeno. La región transformada se delinea en la figura 2 mediante una línea de trazos

374056



-24- que indica el alcance de la penetración del oxígeno. La zona de siliciuro situada debajo del contacto no se altera (mientras el contacto metálico es lo bastante grueso para impedir la penetración de oxígeno a través del contacto), pero queda rodeada por un anillo protector de óxido aislante. La fase de oxidación que forma el anillo protector cumple una doble función que comprende el aislamiento de toda la superficie del dispositivo.

Aunque la precedente descripción concierne ampliamente a barreras de siliciuro metálico, la presente invención se puede aplicar igualmente a barreras ordinarias de metal a semiconductor, tales como aluminio o silicio, paladio o germanio, oro o arseniuro de galio y otras combinaciones donde la superficie del substrato es la superficie de contacto de barrera.

Los siguientes ejemplos se dan a título de ejemplo de la invención.

E J E M P L O 1  
 =====

Este ejemplo representa un procedimiento para fabricar una estructura similar a la que se ilustra en la figura 1.

Como substrato se utiliza una oblea de silicio que tiene una capa epitaxial de aproximadamente 1 ohm cm. de tipo n. Se forma una capa de óxido de cinco micras mediante pirólisis de tetraetoxisilano en hidrógeno a 900 °C o una mezcla de Cl<sub>4</sub>Si, CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub> a 1000 °C., en que ambos métodos para formar películas de SiO<sub>2</sub> son muy conocidos. El óxido se corroe por medio de técnicas fotolitográficas normales para formar una ventana con dimensión "a", de la figura 1, igual

374056



a 25 micras. A continuación, se pulveriza una película de zirconio de 0,1 micras de espesor sobre la superficie del conjunto mediante una técnica usual. La película y el sustrato se calientan a una temperatura de 700 °C. para formar siliciuro de zirconio en la ventana de la capa de óxido. El zirconio que cubre la capa de óxido se puede retirar si se desea con FH diluido que disuelve el zirconio pero no ataca apreciablemente al siliciuro de zirconio. De forma diferente, la capa de siliciuro -13- se puede aplicar a toda la superficie del sustrato antes de la formación de la capa de óxido -12- en cuyo caso se evita la fase de retirar el zirconio de la superficie de la capa de óxido. Para formar el contacto metálico, se pulverizan sobre la superficie 0,15 micras de titanio y luego se pulverizan 0,35 micras de platino. Asimismo el procedimiento de pulverización es clásico. Aquí es conveniente emplear un sistema de dos cátodos, como el que se describe en la publicación "Rev. Sci. Inst., 32, 642-645 (1961)". Luego se superpone una capa de oro de 12 micras sobre el contacto Pt-Ti mediante electromoldeo, utilizando un procedimiento clásico por ejemplo, la técnica de electrodeposición descrita en la patente estadounidense nº 2.905.601.

La región electromoldeada tiene dimensiones que proporcionan el espacio anular entre el contacto de tipo viga, -14-, -15-, -16- de la figura 1, y el contorno de la ventana en el óxido -12-. El conjunto se retropulveriza, durante cuyo proceso se retira el platino y el titanio del anillo. Durante esta fase se pierde un espesor correspondiente de oro, pero este espesor es pequeño en comparación con el de la capa super-



puesta. Luego se forma el anillo protector de óxido haciendo crecer una capa de óxido en el siliciuro de zirconio expuesto utilizando el contacto metálico como máscara. La oxidación se lleva a cabo exponiendo la capa de siliciuro a un plasma de oxígeno de energía elevada. El plasma se engendra mediante una fuente de microondas que actúa con una potencia de 300 a 1000 vats. en 2450 mc. en oxígeno a una presión de un torr. con una polarización de cc. de 70 volts. entre los electrodos. Más detalles acerca de este proceso aparecen en la patente estadounidense nº 3.337.438. La capa de oxígeno se hace crecer hasta una profundidad aproximada de 2000 Å que requiere una exposición de unos veinte minutos al plasma de oxígeno.

La estructura resultante contiene una barrera plana profunda circundada por un anillo protector aislante.

15

E J E M P L O 2  
 =====

Este ejemplo está dirigido a un procedimiento para la formación de la estructura anular de protección de óxido de la figura 2 y se caracteriza por simplicidad y economía.

Un substrato de silicio tipo n -20- de baja resistividad que tiene una capa epitaxial -21- de resistividad más elevada ( 1 ohm cm) se emplea como substrato como en el ejemplo 1. Se forma una capa de siliciuro de zirconio -22- esencialmente por la misma técnica descrita antes en relación con la formación de la capa -14- de la figura 1. A la capa de siliciuro se hace un contacto metálico -23- por evaporación de 10 micras de aluminio, empleando un grueso filamento de tungsteno a 1200 °C (presión de vapor del Al  $10^{-2}$  torr. El contac-

25



to se define, después del enmascaramiento mediante fotolito-  
grafía normal, por corrosión con NaOH diluido. La estructu-  
ra resultante se oxida como en el ejemplo 1 para formar el ani-  
llo protector de óxido alrededor de la barrera de potencial  
5 profunda. El proceso de oxidación forma también una capa ais-  
lante sobre el contacto de aluminio. En este ejemplo, la fase  
de oxidación efectúa simultáneamente dos importantes funciones:  
formación del anillo protector aislante y aislamiento de la su-  
perficie del dispositivo, comprendiendo el contacto metálico.  
10 El contacto eléctrico a -23-, mediante por ejemplo, hilo, ter-  
minal viga o circuito impreso, se puede fabricar convenientemente  
antes de la oxidación.

Se observó que los diodos de barrera de potencial fa-  
bricados con esta técnica mostraron buenas características de  
15 descarga inversa. Tuvo lugar una descarga muy bien definida  
a aproximadamente 40 volts., que está muy cerca del valor teó-  
ricamente ideal.

E J E M P L O 3  
=====

20 En este ejemplo se sigue el procedimiento del ejemplo  
2, a excepción de que se omite la capa metálica de siliciuro.  
El contacto de aluminio forma una barrera superficial con el  
substrato de silicio y la oxidación se efectúa directamente.  
Si bien las características eléctricas de la barrera de Al-Si  
25 son diferentes de las de la barrera de siliciuro de Si del  
ejemplo 2, el anillo protector de óxido, que constituye la  
esencia de la invención, es igualmente efectivo.

Mientras las partes específicas o detalladas de la



precedente descripción son amplias en relación con las barre-  
ras metálicas de siliciuro-silicio y los anillos protectores  
de óxido, la contribución de esta invención se considera que  
ha de ser más general. Esencialmente, la invención tiene por  
5 objeto cubrir un anillo protector aislante en combinación con  
una barrera de potencial. Por ejemplo, una variación eviden-  
te podría consistir en utilizar un anillo protector de nitru-  
ro de silicio. Esto se puede obtener mediante un procedimien-  
to casi idéntico al descrito en relación con la formación del  
10 anillo protector de óxido. La sustitución de un plasma de ni-  
trógeno por el plasma de oxígeno en la fase de oxidación es  
total.

Con las finalidades de la invención, sólo es importan-  
te que el anillo protector sea aislante. Mientras sin duda  
15 existen otras posibilidades, el empleo de nitrógeno, oxígeno  
y carbono, y mezclas de ellos, tal como  $\text{NO}^+$  y  $\text{CO}^+$ , parecerían  
ser más probablemente útiles sobre la base de una evidencia  
existente. Además, el anillo de protección se puede emplear  
en unión de otras barreras semiconductoras metálicas, por ejem-  
20 plo, de paladio-germanio y arseniuro de oro-galio. El térmi-  
no "anillo" se emplea aquí como una palabra conveniente para  
definir un perímetro. Desde luego, el perímetro puede presen-  
tar otras configuraciones, tal como forma estrellada o poli-  
gonal.



N O T A

Se reivindica como objeto de la presente patente de invención :

- 5 1. - Dispositivo de barrera de potencial, que comprende un substrato semiconductor con una porción superficial plana, así como una barrera de rectificación coplanaria formada en dicho substrato debajo de la porción plana, caracterizado por presentar una región aislante formada en el substrato semiconductor de manera que el perímetro de material aislante encierra 10 sustancialmente a la barrera y ésta es completamente plana,
2. - Dispositivo de barrera de potencial, según la reivindicación 1, caracterizado porque la región aislante comprende un óxido, nitruro o carburo del semiconductor del substrato.
- 15 3. - Dispositivo de barrera de potencial, según una cualquiera de las reivindicaciones 1 ó 2, caracterizado porque el semiconductor es silicio.
4. - Dispositivo de barrera de potencial, según una cualquiera de las reivindicaciones 1, 2 ó 3, caracterizado porque la barrera es una barrera "Schottky".
- 20 5. - Dispositivo de barrera de potencial, según la reivindicación 4, caracterizado porque el contacto metálico es un siliciuro metálico.
6. - Dispositivo de barrera de potencial, según la reivindicación 5, caracterizado porque el componente metálico del siliciuro metálico es níquel, zirconio, titanio, hafnio o uno 25 de los seis metales del grupo del platino.
7. - Dispositivo de barrera de potencial, según la reivindicación 5 ó 6, caracterizado por presentar una capa aislan-



te (12) en la superficie plana con una abertura (a), dicha  
abertura está situada alrededor de la región de siliciuro metá-  
lico (13); un contacto metálico (14, 15, 16) en la abertura (a)  
pero separado de los bordes de la abertura, dejando al descu-  
5 bierto una parte de la región de siliciuro (anillo); y una re-  
gión aislante que se extiende en el siliciuro metálico expues-  
to y en una parte superficial del silicio debajo del siliciuro  
metálico para formar un contorno de material aislante que en-  
cierra esencialmente la barrera.

10 8. - Dispositivo de barrera de potencial.

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

BARCELONA, 19 NOV. 1969

P. A.

374951

FIG. 1

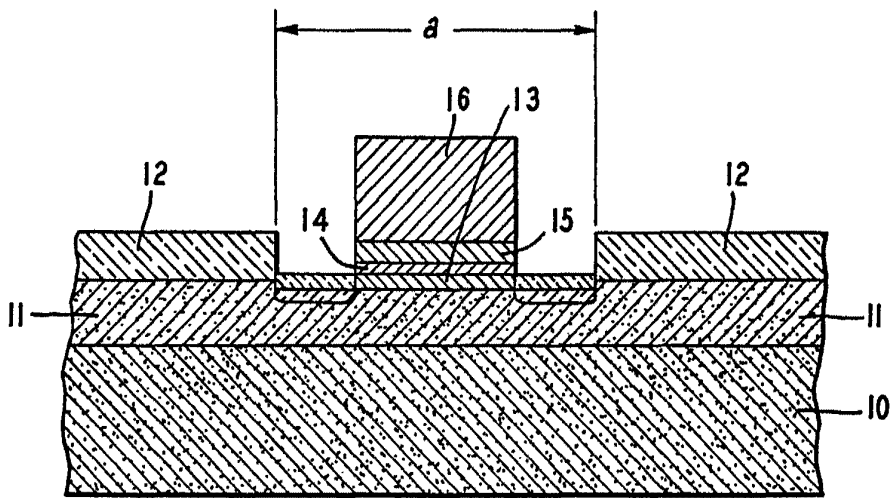
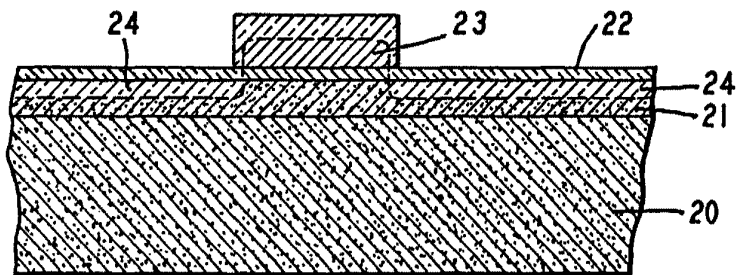


FIG. 2



FOR AUTORIZACION

*[Handwritten signature]*