

mf.

307516



P A T E N T E   D E   I N V E N C I O N

---

---

a favor de

WESTERN ELECTRIC COMPANY, INCORPORATED - de nacionalidad  
norteamericana- domiciliada en NEW YORK (E.U.), 195,  
Broadway.

por:

"Método de protección de una unión PN que separa dos  
semiconductores de conductividades opuestas".

-----oOo-----

M e m o r i a   D e s c r i p t i v a

Este invento se refiere a semiconductores,  
y más concretamente a combinaciones de películas aislan-

307516



tes y conductivas para la protección y contacto de semiconductores, y especialmente un método para producir las.

5 En la industria de los semiconductores, un objetivo perseguido desde hace tiempo es reducir al mínimo la encapsulación generalmente necesaria para asegurar la estabilidad prolongada de los semiconductores. Esta práctica comprende una gran variedad de revestimientos, orgánicos e inorgánicos, y en la actualidad se  
10 vale de envolturas de metal y vidrio de diversos tamaños y configuraciones. Más recientemente, se ha descrito repetidas veces el uso de películas dieléctricas de óxido para inactivar y proteger las superficies activas de los semiconductores. Por lo que hoy se sabe, todas  
15 las disposiciones precedentes adolecen de desventajas e inconvenientes. El empleo de envolturas de metal-vidrio aumenta el tamaño, la complejidad y el coste de los semiconductores, y las diversas clases de revestimientos protectores, por su parte, parecen experimentar algún  
20 tipo de pérdida y deterioro con el tiempo.

En consecuencia, un objeto de este invento es obtener un semiconductor en el que se elimina la necesidad de una cápsula de metal y vidrio.

25 Un aspecto de este invento consiste en aislar las superficies activas de un semiconductor mediante el depósito de capas de dieléctricos y metales.

Otro aspecto del invento consiste en mejorar la definición del contorno de las capas depositadas sobre los semiconductores.

30 Otro aspecto del invento consiste en mejorar y sim-

- 3 - 307516



plificar la fabricación de semiconductores.

En términos generales este invento se basa, en uno de sus aspectos, en el descubrimiento de que la superficie de contacto entre una capa de un metal activo, como titanio o tantalio, y un óxido dieléctrico, como dióxido de silicio, constituye una vía sumamente mala para la penetración de atmósferas perjudiciales. En consecuencia, la primera fase del aislamiento hermético de la superficie activa de un semiconductor, es decir, de una superficie intersecada por los límites de uniones PN, es disponer un revestimiento de dióxido de silicio sobre el cual se deposita luego una capa de un metal activo.

Sin embargo, de conformidad con otro aspecto del invento, la protección de la superficie activa no es completa mientras no se aplica sobre esta capa de metal activo otra de un metal de contacto, como platino, plata u oro, o una combinación de estos metales, que cubra las uniones PN subyacentes y rebase su proyección vertical. Así, con una estructura como la expuesta, parece ser que la penetración lateral en la dirección de las superficies de contacto entre las capas es reprimida por la combinación de óxido y metal activo, mientras que la difusión transversal por la capa un tanto porosa de metal y óxido es impedida por los revestimientos externos de metales de contacto, como platino, plata y oro.

Además, esta capa superior de metal de contacto puede componerse ventajosamente de dos metales, concretamente platino y oro. Esta particular combinación ha demostrado ser ventajosa, asimismo desde el punto de la



solidez mecánica, para sostener porciones de material semiconductor durante las fases de la operación, cuando para separar se emplea un mordiente químico.

5 El invento, y algunas de sus características, se pueden comprender mejor por la siguiente descripción detallada, con referencia al dibujo, en el cual,

Las figuras 1, 2 y 3 representan en sección transversal, estructuras sucesivas de semiconductores, obtenidas durante el método conforme al invento;

10 La figura 4, es una planta de la estructura ilustrada en sección en la figura 3;

La figura 5, es una planta parcial esquemática, de una estructura de transistor conforme al invento; y

15 La figura 6, es una sección de la estructura representada en la figura 5.

La figura 1 muestra en sección una porción de una placa de material semiconductor, del cual se ha elaborado un solo diodo de unión PN. El substrato 10 es una porción de una placa de material semiconductor de silicio monocristalino. En este ejemplo, la porción principal de la placa es de una conductividad N. Sobre la cara superior-12- de la placa hay un revestimiento de dióxido de silicio -11-, obtenido por incremento térmico, en el que se ha abierto un pequeño agujero redondo para dejar al descubierto parte de la superficie -12-. Por un tratamiento de difusión en estado sólido, mediante un vapor que contiene una impureza de conductividad P, como tetracloruro de boro, se ha convertido una pequeña zona -13- a conductividad del tipo P.

30 A fin de obtener un buen contacto óhmico con

30751676



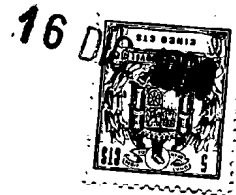
- 5 -

la región difundida -13- de tipo P, una fase siguiente preferida consiste en depositar sobre toda la cara superior, incluida la película de óxido, una capa -14- muy delgada de platino. Esto es fácil, de conseguir, ya sea mediante depósito por evaporación o por pulverización, catódica. Esta capa es relativamente delgada, en general del orden de 100 angstroms.

El conjunto, comprendido el revestimiento depositado de platino, se calienta luego brevemente, unos cinco o diez minutos, entre 500 y 600°C. Este tratamiento térmico hace reaccionar químicamente la delgada capa de platino con la superficie de la región P; tal reacción es de fase sólida y produce un siliciuro de platino, casi sin expansión ni apelotonamiento, como suele ocurrir con reacciones en fase líquida. Esto es importante, sobre todo, porque otros metales de contacto, como aluminio u oro, cuando se emplean en vez de platino, provocan una reacción en fase líquida que ocasiona una rápida difusión de impurezas, a menudo variable y rebelde, que puede originar fácilmente un corto circuito de la unión, especialmente junto a la superficie -12-. Por tanto, la escala precitada de temperaturas es importante para producir el resultado que se busca. La película de platino tiende a acumularse en islotes -14-, tanto en la superficie del silicio como en la del óxido. Como queda descrito, las zonas del silicio forman buenos contactos óhmicos con la zona -13- de tipo P, a consecuencia de la reacción en fase sólida.

En la figura 2, la superficie del dispositivo se reviste luego de una capa -15- de metal activo, gene-

- 6 - 307516



ralmente titanio.

La pulverización catódica se realiza relativamente en frío, pero hay una reacción inicial entre el titanio y la película de dióxido de silicio, la cual produce un aislamiento hermético por la superficie. Esta reacción es limitada, sin embargo, a estas temperaturas bajas, de modo que apenas hay penetración de metal en el óxido. El contacto eléctrico entre la capa de titanio -15- y la zona -13- de tipo P se consigue bien a través de la capa de platino -14- previamente aplicada, cubriendo y uniendo eléctricamente las diversas zonas discretas de platino por medio de la capa de titanio -15-. De esta manera, la capa de titanio -15- tiende a rodear y abarcar los islotes o porciones aisladas de platino remanentes.

Volviendo a la figura 2, se deposita sobre la película de titanio una capa -16- de metal, en este caso platino, para reprimir la formación sobre ella de un óxido natural cuando se expone a la atmósfera. Luego se deposita una capa -17- de un metal de contacto, como oro, convenientemente por electroformación, empleando medios de reserva que limitan algo la extensión del contacto del oro, a la necesaria para cubrir el contorno de la unión PN. En particular, la capa de oro sobrepasa bastante la proyección vertical de la unión PN subyacente. Sin embargo, esta operación es relativamente imprecisa, comparada con las de producir dibujos de deposición dentro de límites de 0'0025 mm, como se requiere en algunos dispositivos de los conocidos.

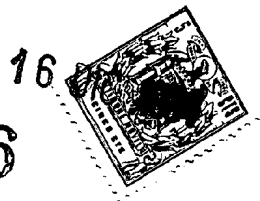
Finalmente, con referencia a la figura 3, las por-



ciones periféricas de las capas depositadas -15-, -16- de titanio-platino se retiran mediante una operación denominada deposición electrónica inversa, durante la cual la gruesa capa de oro -17- actúa realmente como reservador. En esta operación, la superficie del dispositivo se hace catódica, y permite retirar material de su superficie mediante bombardeo.

El resultado de la deposición electrónica inversa es una capa externa -17- de oro algo más delgada, con capas subyacentes -15-, -16- de titanio-platino de igual extensión. Alternativamente, el titanio-platino se puede sustituir por una combinación titanio-plata, y es posible retirar luego la plata mediante un ataque con nitrato férrico. De análogo modo sirven otros metales en combinación con titanio, entre ellos níquel, paladio o rodio. La estructura representada en la figura 3 puede separarse entonces del resto de la placa, y convertirse en un diodo de unión PN fijando conductores adecuados de alambre, uno a la capa de oro -17- y el otro a la superficie inferior -21- del elemento de silicio, el cual, como es conocido en el ramo, se reviste de metal, empleando níquel u oro, para poder montarlo en una amplia superficie o en el terminal de un conductor de cinta metálica. Además, la experiencia ha enseñado que el dispositivo no necesita de envoltura, desde un punto de vista eléctrico. La combinación de capas de metal de contacto, de metal activo y de óxido constituye una protección completa y duradera para la superficie activa del semiconductor. En la mayoría de los casos, puede convenir una capa más para protección mecánica y facilidad de manejo.

307516



Existen ciertas alternativas, pero todas dentro del alcance general y del espíritu del invento. Por ejemplo, puede omitirse la película inicial de platino, y calentarse brevemente el conjunto después de depositar la capa activa de titanio. Esto permitirá formar un buen contacto óhmico en la superficie de la zona -13- de tipo P, y, si el tratamiento es breve, solo reaccionará una pequeña parte del espesor total de la capa de óxido con la película de titanio. Por tanto, quedará un espesor suficiente de óxido y de metal activo para servir de aislamiento, así como una superficie de contacto herméticamente aislada entre el óxido y el metal.

En otra estructura alternativa de diodo, las capas-15, 16- y -17- de titanio-platino-oro, se pueden prolongar hasta rebasar un borde de la chapita, en forma de cinta. Luego se deposita una segunda capa de óxido sobre las de metal, y se prolonga hasta más allá de la proyección vertical de las uniones PN subyacentes. Sobre esta capa de óxido, de extensión limitada, se aplica otra capa final protectora de los tres metales mencionados. Esta protección externa de óxido y metal se ha denominada "casquete" en lenguaje corriente.

Por otra parte, además de titanio y tantalio, se pueden emplear ciertos otros metales para la capa situada en contacto con el óxido. En general, esos metales se califican de activos, y son algunos de los clasificados en los grupos IV-B, V-B y VI-B del sistema periódico. Concretamente, el grupo comprende titanio, circonio, hafnio, vanadio, tantalio, niobio y cromo.

El invento se ilustra igualmente en las figuras

- 9 - 307516

16



5 y 6, que representan un transistor. En la planta de la figura 5, el dispositivo -60- presenta un terminal emisor representado esquemáticamente por E, una conexión de base B, y un par de electrodos de colector conectados a un terminal común C. Estos conductores son puramente ilustrativos y muestran la correlación de los electrodos de metal en el dispositivo.

En la figura 6, el dispositivo -60- comprende una chapita de material semiconductor de silicio monocristalino, inicialmente de conductividad N. En realidad la chapita de la figura puede ser sólo una parte de una placa mayor de material, en la que se elaboran varios dispositivos similares. Cada uno de éstos se obtienen entonces dividiendo la placa según contornos adecuados, como se explica más adelante. Con este fin se describirá un solo elemento de transistor, y se entenderá igualmente que algunas dimensiones del dibujo se han exagerado, a fin de hacer más comprensible el invento.

La porción -61- de la chapita, de tipo N al principio, comprende la zona de colector del dispositivo completo. Una zona de base -62-, de conductividad P, definida por la unión PN, se forma difundiendo una impureza de tipo P a través de un encubrimiento o reservador de óxido en la cara superior de la chapita. A continuación se forma de nuevo el encubrimiento, para que pueda difundirse la región menor -64- de tipo N definida por la unión PN -65-. La zona -64- es la de emisor de transistor. Estas operaciones son corrientes y muy conocidas en el ramo para hacer transistores de unión por difusión.

La siguiente fase es la formación de una película

16 DIC



de óxido de silicio, a modo de capa -66-, en la superficie  
-80- de la chapita. Se practican varios agujeros en la  
capa de óxido -66-, para poder depositar espaciados dos  
contactos -69- y -70- de colector, un contacto -68- anular  
5 de base, y un contacto -67- de emisor. Cada uno de estos  
contactos comprende capas múltiples de metales que cubren  
y protegen la capa de óxido -66- y el contorno de las  
uniones PN, como ya se ha descrito. Una primera capa de  
titanio en cada contacto se completa con otras de platino  
10 y oro, a fin de perfeccionar el aislamiento protector sobre  
tales contornos. En general, las capas metálicas tienen  
los siguientes espesores:

Titanio	-	1.000 angstroms
Platino	-	5.000 "
Oro	-	120.000 "

15 Debe advertirse particularmente que los contactos de  
emisor y de base sobresalen de la proyección vertical de  
todos los contornos de las uniones respectivas, de modo  
que protegen contra la difusión transversal de contami-  
20 nantes.

Para completar la estructura y proporcionar  
conductores externos, se deposita otra capa -71- de óxido  
de silicio sobre toda la superficie del dispositivo. También  
se abren orificios en esta capa -71- para penetración de  
25 los contactos. En particular, se depositan un contacto  
metálico -72- de emisor, un contacto -73- de base, y  
electrodos -74- y -75- de colector, de acuerdo con la  
disposición representada en la figura 5. Cada uno de estos  
electrodos se compone igualmente de una serie de capas de  
30 titanio, platino y oro, similar a los contactos primera-

307516<sup>16</sup>



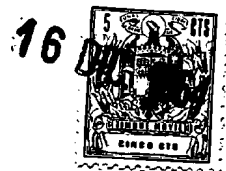
mente aplicados para cada una de las zonas de conduc-  
tividad. Debe advertirse en particular que esta configu-  
ración proporciona la necesaria separación eléctrica  
de los electrodos respectivos del transistor. En conse-  
5 cuencia, los límites de las uniones PN -63- y -65-, donde  
cortan la superficie -80-, están protegidos por una super-  
ficie metal-óxido que ofrece un paso relativamente largo  
para la penetración de iones contaminantes cualesquiera.  
Además, la capa superior de metal relativamente pesado  
10 se opone a la penetración vertical a través de las capas  
sucesivas, que podrían afectar al funcionamiento y a las  
características del aparato.

La disposición descrita de capas superpuestas  
de protección es adaptable de igual modo a la estructura  
15 de transistor lineal, en la que los electrodos base y  
emisor son estrechas tiras de metal muy próximas. En un  
dispositivo de este tipo, los conductores de la base y  
del emisor se sacan por lados opuestos, empleando la capa  
múltiple de titanio-platino-oro ya descrita. Sin embargo,  
20 encima de la porción activa central del aparato, repre-  
sentada por la proyección vertical del contorno de la  
unión, se dispone la configuración de "casquete" como  
revestimiento protector final, compuesto de una capa de  
óxido y otra densa de metal superpuesta.

25 En particular, los conductores de metal rela-  
tivamente pesado constituyen un soporte mecánico muy  
satisfactorio para los distintos dispositivos -60- durante  
su separación y después. Como ya se ha advertido, conviene  
fabricar en forma de placa, y hace en ésta un gran número  
30 de dispositivos individuales. Finalmente, después de

307516

- 12 -



depositar los conductores de metal, la placa se invierte, y se cubre, por ejemplo, de cera o de oro por la cara opuesta, en coincidencia con las zonas de los distintos dispositivos. Luego se trata simplemente la placa con un corrosivo, como la conocida mezcla de ácidos fluorhídrico y nítrico, que ataca el material semiconductor de silicio no protegido por el material reservador. Por consiguiente, se eliminan así los límites entre los distintos dispositivos, salvo los conductores o apéndices de metal pesado, que sirve de soporte adecuado a las chapitas semiconductoras resultantes. Aunque el mordiente especificado atacará la capa inferior de titanio, son más que suficientemente sólidas las capas más pesadas de platino y oro, que resisten por completo a la corrosión.

Por otra parte, es evidente que los conductores o apéndices proporcionan un excelente medio de conexión de los dispositivos a otros aparatos, sin complicadas operaciones de empalme ni los conductores de alambre fino de costumbre. Por ejemplo, los dispositivos se pueden montar y conectar simplemente empleando un útil multielectrodo corriente para fijarlo en un tablero de circuito impreso.

Además, cuando el conjunto en forma de placa haya de separarse en dispositivos sueltos o grupos de ellos o de elementos, pueden dejarse salientes los apéndices o conductores de metal por los bordes de la chapita semiconductoras, a fin de disponer de un medio conveniente de contacto con las zonas metálicas de circuitos impresos, o con bornes o similares.

Aunque el invento se ha descrito con relación

- 13 - 307516

16 DIC



a ciertas formas concretas de realización, los entendidos en la materia pueden idear otras disposiciones sin salirse del espíritu y alcance del mismo.

5 En particular, si bien el invento se ha concebido sobre todo a base del empleo de material semiconductor de silicio, es posible practicarlo con otros materiales semiconductivos, como arseniuro de germanio o de galio. En general, se entiende que el semiconductor debe ser tal que permita depositar en él un aislador adherente.

10 Además, los principios del invento pueden aplicarse a diversos semiconductores, entre ellos diodos, transistores y resistencias difusas. En general, es útil siempre que el contorno de una unión PN corte una superficie, y se desee aislar ésta del ambiente activo. Como ya se ha

15 apuntado, los conceptos expuestos sirven asimismo para dispositivos en los cuales convenga sacar conexiones en forma de cintas entre capas protectoras de óxido debidamente aisladas, donde tales conductores de material anticorrosivo sirven a la vez de soporte en fases subsiguientes de fabricación.

20

====: N O T A :====

Se reivindica como objeto de esta patente:

25 1.- Método de protección de una unión PN que separa dos semiconductores de conductividades opuestas, caracterizado porque se cubre la unión con un óxido dieléctrico, y se reviste el óxido con un metal activo, a fin de formar una superficie de contacto metal-óxido.

30 2.- Método según la reivindicación 1ª, caracterizado porque se reviste el metal activo con un metal

307516 16



de contacto que rebasa la unión PN, a fin de impedir la difusión de sustancias nocivas a través de las capas de metal activo y de óxido.

5 3.- Método según las reivindicaciones 1ª o 2ª, caracterizado porque se emplea con preferencia como metal activo, titanio, tantalio, circonio, niobio, cromo, vanadio o hafnio.

10 4.- Método según las reivindicaciones 2ª o 3ª, caracterizado porque se emplea con preferencia como metal de contacto, platino, plata, níquel, paladio, rodio u oro.

5.- Método de protección de una unión PN que separa dos semiconductores de conductividades opuestas.

15 Esta memoria consta de catorce páginas escritas por una sola cara.

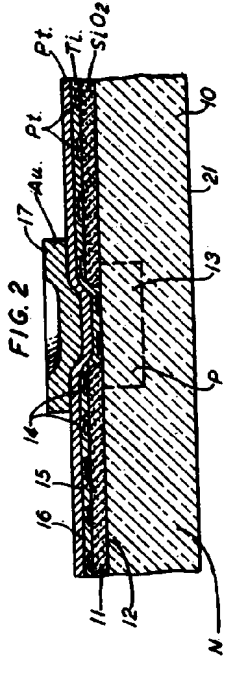
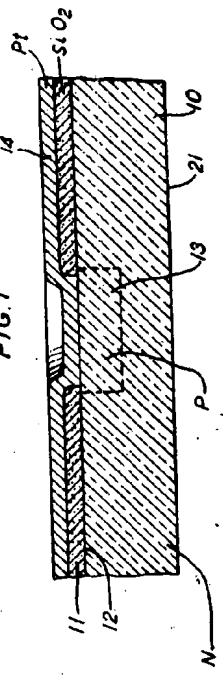
BARCELONA, 16 DIC. 1964

P. A.

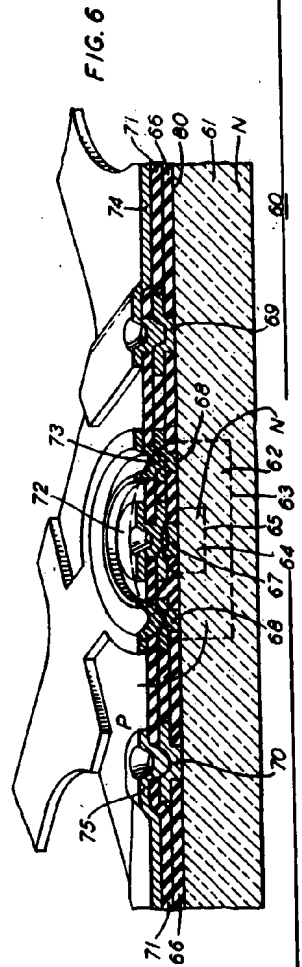
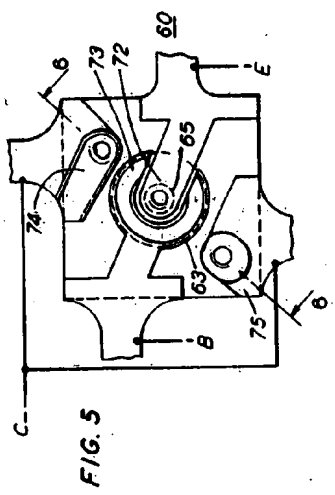
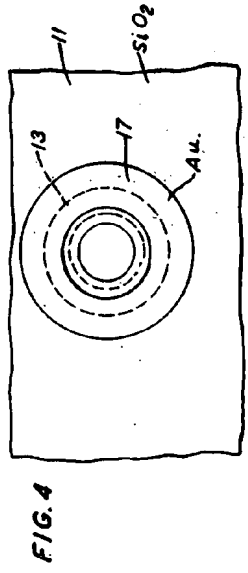
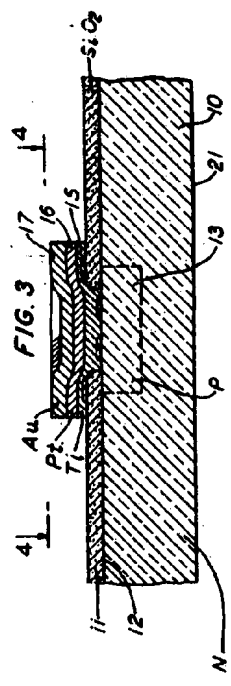


WESTERN ELECTRIC CO., INC.

FIG. 1



307516



Handwritten scribbles and markings.