



324944

P.- 31.413

RCA 54.418

MAN 506

324944

MEMORIA DESCRIPTIVA

para solicitar

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

en

E S P A Ñ A

por VEINTE años

a nombre de RADIO CORPORATION OF AMERICA, entidad norteamericana, establecida en 30 Rockefeller Plaza, Nueva York, N.Y., Estados Unidos de América, por:

"UN METODO PARA FABRICAR UN DISPOSITIVO SEMICONDUCTOR PARA CIRCUITOS DE ULTRAFRECUENCIA".

-----

Esta invención se refiere en general a dispositivos semiconductores y, más en particular, a un transistor perfeccionado de metal-óxido-semiconductor (MOS) y a un nuevo método para fabricarlo. El transistor MOS perfeccionado es particularmente útil en circuitos de ultrafrecuencia (uhf), y el método nuevo es particularmente útil para hacer circuitos integrados.

5

Un tipo de transistor MOS del tipo de empobrecimiento, denominado también transistor de efecto de campo, tiene un canal de conducción de baja resistividad de

10

324944



material semiconductor de un tipo de conductividad. Este tipo tiene también dos regiones espaciadas de contacto eléctrico, denominadas la alimentación y el drenaje, respectivamente, conectadas a extremos opuestos del canal de conducción. Este transistor MOS incluye también un electrodo de barrera adyacente al canal de conducción y eléctricamente aislado de él. Cuando se aplica una tensión entre la alimentación y el drenaje, pasa una corriente a través del canal de conducción. Puede modularse la amplitud de la corriente por señales de tensión aplicadas al electrodo de barrera.

Los dos tipos básicos de transistores MOS son el tipo de empobrecimiento y el tipo de enriquecimiento. En el tipo de enriquecimiento, el canal es inducido eléctricamente por la aplicación de una polarización externa directa al electrodo de barrera, y no pasa ninguna corriente con una polarización cero o contrapolarización en el electrodo de barrera. Esta solicitud se ocupa principalmente del tipo de empobrecimiento, que contiene un canal de conducción que permite que la corriente pase de la alimentación al drenaje con polarización cero en el electrodo de barrera. Puede controlarse la corriente con una contrapolarización o con una polarización directa en el electrodo de barrera.

En muchos transistores MOS del tipo de empobrecimiento de la técnica anterior, el canal de conducción entre la alimentación y el drenaje es dematerial semiconductor de un tipo de conductividad y los contactos de alimentación drenaje son regiones de un tipo de conductividad opuesto. Esto forma diodos dorso con dorso (unio-



nes P-N) entre la fuente y el drenaje. El uso de uniones P-N entre los electrodos de alimentación y drenaje y la masa del cuerpo semiconductor es deseable para que la mayor parte de la corriente de la alimentación al drenaje pueda ser confinada a la capa de inversión extremadamente delgada en la superficie del canal. Si bien estos transistores MOS de la técnica anterior son adecuados para muchas aplicaciones, algunos tienen una capacidad de salida y unas corrientes de fuga que pueden ser inadecuadas para ciertas aplicaciones.

La amplitud máxima de la tensión de polarización que puede ser aplicada con seguridad al electrodo de barrera de un transistor MOS está limitada por el potencial de perforación del material dieléctrico entre el electrodo de barrera y en canal de conducción. Por esto, el canal de conducción debe tener una superficie de la sección transversal relativamente pequeña para hacer posible que la corriente sea captada por una tensión de contrapolarización de un amplitud tolerada.

En un transistor MOS del tipo de empujamiento, la magnitud de la tensión de contrapolarización de la barrera requerida para captar completamente la corriente en el canal de conducción es directamente proporcional a la profundidad del canal. Por otra parte, la máxima amplitud de la tensión de polarización que puede ser aplicada con seguridad al electrodo de barrera está limitada por el potencial de perforación del material dieléctrico entre el electrodo de barrera y la superficie del canal. Con objeto de que no se sobrepase el límite de seguridad de la tensión de polarización en el electrodo de barrera, la

324944

31



profundidad del canal de conducción no debe ser demasiado grande.

5 Por esto, un objeto de la presente invención es crear un dispositivo semiconductor perfeccionado y un método para hacer el dispositivo, que comprende unos electrodos monocristalinos y asociados de material semiconductor de solamente un tipo de conductividad, eliminando de este modo las uniones P-N.

10 Descrito con brevedad, el dispositivo semiconductor que incorpora los principios de la presente invención incluye una miembro de soporte aislante que tiene una capa de un material semiconductor monocristalino de resistividad relativamente alta dispuesta sobre el miembro de soporte, dos regiones espaciadas de material semiconductor de resistividad relativamente baja del mismo tipo de conductividad que la capa formando una alimentación y un drenaje en la capa, y un electrodo de barrera aislante dispuesto para controlar el paso de corriente entre la alimentación y el drenaje.

20 De acuerdo con los principios de la invención, puede fabricarse este transistor fijando una oblea de material semiconductor ligeramente activado a un miembro de soporte por medio de un material adherente eléctricamente aislante. Se eliminan partes de la oblea soportada hasta que la oblea tenga un espesor relativamente uniforme de cuatro micras o menos. Después, se dispone una capa de material aislante sobre la oblea soportada y es practicada dos aberturas espaciadas en la capa de material aislante para descubrir dos partes de la superficie superior de la oblea. Se añade un activador a cada una de las

25

30



dos partes descubiertas para proporcionar regiones de conductividad relativamente alta del mismo tipo de conductividad que el material semiconductor ligeramente activado. Finalmente, se disponen unos contactos eléctricamente conductores, respectivamente, en las dos regiones de conductividad relativamente alta y en una parte de la capa de material eléctricamente aislante entre las dos regiones.

En los dibujos que se acompañan:

La figura 1 es una vista en perspectiva de una oblea de material semiconductor utilizada en el método de fabricar un transistor MOS que incorpora los principios de la presente invención.

La figura 2 es una vista fragmentaria en alzado frontal de la oblea de material semiconductor ilustrada en la figura 1, representando una de sus superficies mayores con una capa de óxido, aislante, sobre ella.

Las figuras 3, 4, 5 y 6 son vistas en sección transversal, fragmentarias y ampliadas de un par de obleas pegadas del tipo representado en la figura 1 durante etapas sucesivas de la fabricación de un dispositivo semiconductor de acuerdo con la invención.

La figura 7 es una vista en sección transversal ampliada de un dispositivo semiconductor que tiene incorporados los principios de la presente invención. Y.

La figura 8 es un diagrama esquemático de un circuito amplificador que emplea un dispositivo semiconductor que es una realización de la presente invención.

Haciendo referencia a los dibujos, y más en particular, a la figura 1, está representada una oblea mono-

324944



5 cristalina 10, preferiblemente de silicio tipo N, ligeramente activado, que tiene una resistividad relativamente alta, del orden de aproximadamente 1 a 10 ohm-cm. Inicialmente, la oblea 10 tiene un par de superficies mayores superior e inferior 12 y 14, opuestas y paralelas, espaciadas aproximadamente 0,25 mm. Cada una de las superficies 12 y 14 tiene una superficie de aproximadamente 6,25 cm<sup>2</sup>. El dispositivo semiconductor que incorpora los principios de la presente invención ha de ser formado en la oblea 10 después de que éste, es reducido a un espesor relativamente uniforme de entre 0,05 y 4 micras.

10 Como se ha señalado anteriormente, se desea captar un paso de corriente a través del dispositivo semiconductor por una tensión de amplitud segura aplicada a su superficie, Para proporcionar una oblea delgada 10, se fijan entre si dos de las obleas 10. Así, una oblea 10 puede funcionar como soporte de la otra oblea 10. La segunda oblea 10 puede ser rectificadada y asentada o pulida a la dimensión en sección transversal deseada.

15 Un método preferido para realizar esto incluye oxidar al menos una superficie de cada una de un par de obleas 10 para formar una capa de óxido aislante 16 de dióxido de silicio, como se representa en la figura 2. La superficie superior 12 de cada una de las obleas 10 puede ser oxidada por cualquier método adecuado conocido en la técnica, tal como por calentamiento, durante aproximadamente 20 minutos en vapor de agua a una temperatura de aproximadamente 1.050 °C. El espesor de la capa de dióxido de silicio 16 formada debe ser de aproximadamente 25.000 A (unidades Angstroms).



Las dos obleas 10 son dispuestas ahora con sus capas de óxido 16 una contra la otra, como se representa en la figura 3. Se aplica calor a las mismas hasta que las capas de óxido 16 se unen por fusión entre sí. La operación de calentamiento puede ser llevada a cabo preferiblemente en un horno de inducción a una temperatura de entre 1.150 y 1.200 °C hasta se produce la unión por fusión. Durante la operación de calentamiento, se aplica una presión entre las dos obleas 10, en las direcciones indicadas por la flechas 18 y 20 en la figura 3. La presión puede estar comprendida dentro del margen de 35 a 70 kg/cm<sup>2</sup>. Utilizando dos obleas 10 del mismo material, las obleas unidas por fusión reaccionar de manera similar con los cambios de temperatura, produciendo de estemodo una estructura que no resulta perjudicada por los cambios de temperatura.

Debido a la unión por fusión, las obleas superpuestas 10 son fijadas una a la otra por medio de una capa eléctricamente aislante 22 (figura 4) de dióxido de silicio. La capa 22 incluye las dos capas de óxido unidas por fusión 16 de las dos obleas 10 representadas en la figura 3. Una de las obleas 10 (la oblea superior 10 representadas en la figura 3, por ejemplo), es rectificada y asentada ahora por medios rectificadores y pulidores adecuados cualesquiera conocidos en la técnica, hasta que la oblea 10 adquiere un espesor de entre 0,05 y 4 micras. Esta oblea rectificada será designada ahora por número de referencia 10a para representar la oblea asentada de silicio monocristalino tipo N, como se representa en la figura 4.

324944



Puede medirse progresivamente el espesor de la oblea 10a durante el proceso de asentado mediante observación periódica bajo un microscopio que emplea un retículo graduado adecuado. Asimismo, puede calcularse el espesor de la oblea 10a por asentado en ángulo. Esto es, una esquina de la oblea asentada 10a es asentada en un ángulo conocido con sus superficies paralelas mayores y se mide la longitud de la superficie transversal.

La superficie superior 14a de la oblea asentada 10a es oxidada ahora por medios adecuados cualesquiera, por ejemplo, por el procedimiento de oxidación anteriormente mencionado hasta se forma una capa de óxido 24 (figura 5) de dióxido de silicio de aproximadamente 2.000 A de espesor. Pueden formarse las regiones de contacto de alimentación y drenaje S y D, respectivamente en regiones espaciadas de la oblea 10a por enmascaramiento de precisión de óxido y por técnicas fotolitográficas.

Así, por ejemplo, se deposita una capa de fotorreserva 26 (figura 6) sobre la capa de óxido 24 y se expone la capa de fotorreserva 26 a un diseño de luz adecuado para proporcionar aberturas en la capa de óxido 24. La capa de fotorreserva expuesta 26 es revelada ahora. Las partes de la capa de fotorreserva 26 que no están expuestas a la luz son retiradas por medio de un disolvente adecuado, exponiendo o descubriendo de este modo partes de la capa de óxido 24. Las partes polimerizadas y endurecidas de la fotorreserva que quedan sobre la capa de óxido 24, sirven de máscara durante la operación subsiguiente de ataque químico.

Las partes expuestas de la capa de óxido 24 son



retiradas por un agente químico adecuado, tal como una solución de ácido, fluorhídrico para formar en ella las aberturas 28 y 30, como se representa en la figura 7. Las partes polimerizadas de la capa de fotorreserva 26 son retiradas por un separador adecuado, tal como cloruro de metileno, dejando la capa de óxido 24 con el par de aberturas espaciadas 28 y 30, a través de las cuales pueden difundirse impurezas adecuadas en la oblea 10a para formar las regiones de contacto de alimentación y drenaje S y D, respectivamente.

El tamaño y la forma exactos de las aberturas 28 y 30 en la capa de óxido 24 no son críticos. Se ha encontrado que son satisfactorias aberturas con un diámetro de 0,125 a 2,5 mm. La distancia entre las regiones de contacto de alimentación y drenaje S y D debe ser de aproximadamente 10 micras. Una impureza adecuada tipo N, tal como fósforo, arsénico o antimonio, por ejemplo, es difundida ahora en la oblea asentada 10a a través de las aberturas 28 y 30 para formar las regiones de contacto de alimentación de S y drenaje D.

Puede llevarse a cabo la difusión por medios cualesquiera conocidos en la técnica, tal como por calentamiento de la oblea 10a en un ambiente que contiene vapores de pentóxido de fósforo durante aproximadamente 10 a 20 minutos a aproximadamente 1.000 °C. Bajo estas condiciones, el fósforo se difunde en las regiones expuestas S y D de la oblea 10a inmediatamente debajo de las aberturas 28 y 30. No se forman uniones P-N entre las regiones difundidas de alimentación S y de drenaje D y la oblea 10a, ya que el fósforo es un elemento donante en silicio,

324944



y la oblea 10a es silicio tipo N, ligeramente activado. La impureza tipo N, el fósforo, es difundido completamente en sentido transversal a través de la oblea asentada 10a de modo que la alimentación S y el drenaje D se extienden desde la superficie superior 14a de la oblea 10a hasta su superficie inferior 12a, como se representa en la figura 7. Las regiones de alimentación S y de drenaje D tienen una resistividad relativamente baja, del orden de aproximadamente 0,001 ohm-cm.

Para formar una electrodo metálico de barrera G se disponen medios junto a la parte de la oblea 10a, y espaciados de ella, entre las regiones de contacto de alimentación S y de drenaje D. A este fin, puede depositarse un metal conductor por medios convencionales cualesquiera sobre la capa de óxido 24 entre la alimentación y el drenaje:

En la realización de la invención representada en la figura 7, la barrera conductora G comprende una capa de aluminio de aproximadamente 5.000 Å de espesor que puede ser depositada sobre la capa de óxido 24 por evaporación. Por ejemplo, se evapora primeramente aluminio sobre toda la capa de óxido 24 y sobre las regiones de contacto de alimentación S y de drenaje D. A continuación se separan por ataque químico partes del metal depositado, empleando la técnica fotolitográfica anteriormente mencionada de una fotorreserva y un agente químico selectivo, de todas las zonas, excepto de las regiones de contacto de la alimentación S, el drenaje D y la barrera.

Así, se forma la barrera metálica (aluminio) G sobre la capa de óxido 24 entre la alimentación S y el dre-



naje D y se depositan los electrodos metálicos (aluminio) 32 y 34 sobre las regiones de alimentación S y de drenaje D. Pueden conectarse unos conductores eléctricos adecuados 36, 38 y 40 a los electrodos de la barrera G, la alimentación S y el drenaje D G, 32 y 34, respectivamente, por 5 medios cualesquiera adecuados, tal como por soldadura blanda o por unión por termocompresión, por ejemplo.

Haciendo referencia ahora en particular a la figura 8, está representado un diagrama esquemático de un 10 transistor MOS 50 del tipo ilustrado en la figura 7 conectado a un circuito amplificador. El electrodo de barrera G del transistor 50 está conectado a un terminal de entrada 52 a través de condensador de entrada 54. La alimentación S del transistor 50 está conectada a una conexión 15 común 56 a través de una resistencia de polarización 58. Un terminal de entrada 60 y un terminal de salida 62 están conectados también a la conexión común 56. La resistencia de polarización 58 está puesta en derivación por un condensador de derivación 64 para impedir una realimentación degenerativa de la corriente. 20

El drenaje D del transistor 50 está conectado a un terminal de salida 66 a través de un condensador de salida 68. El drenaje D está conectado también al terminal positivo de una fuente de tensión 70 a través de una resistencia de carga 72, estando conectado el terminal negativo 25 de la fuente de tensión 70 a la conexión común 56. Una resistencia de entrada 74 está conectada entre el electrodo de barrera G y la conexión común 56.

En el funcionamiento, pasa una corriente convencional desde el terminal positivo de la fuente de tensión 30

324944



70 a través de la resistencia de carga 72, la trayectoria  
entre el drenaje D y la alimentación S, la resistencia de  
polarización 58, y vuelve al terminal negativo de la fuen-  
te de tensión 70. La corriente pasa desde el drenaje D a  
5 la alimentación S incluso con una tensión de señalización  
de valor cero aplicada a la barrera G. Las señales positi-  
vas o negativas aplicadas entre los terminales de entrada  
52 y 60 modulan la corriente desde el drenaje D a la ali-  
mentación S, produciendo señales de salida amplificadas  
10 e invertidas entre los terminales de salida 62 y 66.

Puede captarse el paso de corriente entre el dre-  
naje D y la alimentación S por una señal de entrada nega-  
tiva de una amplitud predeterminada. Esta acción es posi-  
ble debido a que el espesor de la oblea 10a está compren-  
15 dido entre 0,05 y 4 micras, y una tensión negativa tole-  
rada puede captar la corriente que pasa entre el drenaje  
D y la alimentación S. Como se ha señalado anteriormente,  
una tensión tolerada es aquella que no perfora la capa  
de óxido 24 del dieléctrico de dióxido de silicio.

20 Como se ha indicado, una ventaja del método y  
el dispositivo que incorporan los principios de la presen-  
te invención es que la capa de material semiconductor 10a  
está dispuesta sobre un sustrato aislante, a saber, la ca-  
pa adherente de dióxido de silicio 22. Así, no hay capaci-  
25 tancia de salida entre el electrodo de drenaje y un sustra-  
to ni hay uniones P-N o diodos dispuestos entre la alimen-  
tación y el sustrato o entre el drenaje y el sustrato.  
Como el dispositivo no está limitado por la capacitancia  
de salida, la respuesta en alta frecuencia del dispositi-  
30 vo es superior a los dispositivos en los que está presen-



te dicha capacitancia.

El dispositivo tendrá también características de coste remoto, ya que la tensión de captación puede ser muy alta debido al espesor de la parte conductora de la oblea 10a.

Esta solicitud que corresponde a la presentada en los Estados Unidos de América el 23 de Julio de 1.964 bajo el número 384.763, se acoge a los beneficios del artículo 51 del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.

#### N O T A

Los puntos de invención propia y nueva que se presentan para que sean objeto de esta solicitud de Patente de Invención, en España por VEINTE años, son los siguientes:

1.- Un método para fabricar un dispositivo semiconductor para circuitos de ultrafrecuencia, caracterizado por las operaciones de fijar una oblea de material semiconductor ligeramente activado a un miembro de soporte por medio de un material adherente electricamente aislante, eliminar partes de dicha oblea soportada hasta que dicha oblea tenga un espesor relativamente uniforme de 4 micras o menos, disponer una capa de material aislante sobre dicha oblea soportada, practicar dos aberturas espaciadas en dicha capa de material aislante para exponer o descubrir dos partes de la superficie superior de la

324944

31



5 oblea, añadir un activador a cada una de dichas dos partes expuestas para proporcionar regiones de conductividad relativamente alta del mismo tipo de conductividad que dicho material semiconductor ligeramente activado y disponer contactos electricamente conductores, respectivamente, en dichas dos regiones de conductividad relativamente alta y en una parte de dicha capa entre dichas dos regiones.

10 2.- Un método según la reivindicación 1, caracterizado porque dicho activador es una impureza donante que es difundida en cada una de las regiones expuestas, extendiéndose dicha difusión desde dicha superficie superior hasta la superficie inferior de dicha oblea.

15 3.- Un método según la reivindicación 1, en el que dicho material semiconductor es silicio tipo N, ligeramente activado, dicho material adherente electricamente aislante es dióxido de silicio, dicho material aislante sobre dicha oblea soportada es formado por oxidación de la superficie mayor superior de la oblea y dichos activadores son difundidos en dichas dos partes expuestas.

20 4.- Un método según la reivindicación 1, caracterizado porque se utiliza un par de obleas de silicio, siendo oxidada al menos una superficie de cada par citado de obleas para formar una primera capa de óxido de dióxido de silicio sobre la superficie citada, siendo una de dichas obleas silicio monocristalino ligeramente activado de un tipo de conductividad, apilar dicho par de obleas con dicha capa de óxido de una oblea contra dicha capa de óxido de la otra oblea, calentar y oprimir conjuntamente dichas obleas apiladas hasta que dichas capas de óxido



unen dicho par de obleas entre sí, asentar o pulir la superficie superior de la primera oblea citada a un espesor relativamente uniforme de 4 micras o menos, oxida la superficie superior de dicha oblea asentada para formar una segunda capa de dióxido de silicio sobre ella, practicar dos aberturas espaciadas en dicha segunda capa para exponer dos partes de la superficie superior de dicha oblea asentada, difundir una impureza del mismo tipo de conductividad que dicha primera oblea en cada una de dichas dos partes para formar regiones de contactos óhmicos en dicha oblea asentada, extendiéndose dicha difusión desde la superficie superior de dicha oblea asentada hasta su superficie inferior, y depositar contactos metálicos, respectivamente, sobre dichas dos regiones y sobre una parte de dicha capa entre dichas dos regiones.

5.- Un método según la reivindicación 4, en el que dicha primera capa de óxido tiene un espesor de aproximadamente 25.000 Å, siendo dicha resistividad de dicho silicio monocristalino de 1 a 10 ohm-cm, siendo asentada dicha primera oblea a un espesor relativamente uniforme en un margen entre 0,05 a 4 micras, teniendo dicha segunda capa de dióxido de silicio un espesor de aproximadamente 2.000 Å, y teniendo dichas regiones de contacto óhmico una resistividad de aproximadamente 0,001 ohm-cm.

6.- Un método para fabricar un dispositivo semiconductor para circuitos de ultrafrecuencia.

Tal y como se ha descrito en la Memoria que antecede, representado en los dibujos que se acompañan y para los fines que se han especificado.

30

324944

31



Esta Memoria consta de dieciseis hojas escritas  
a máquina por una sola cara.

Madrid,

31 MAR 1966

P.A.

Alberto de Elzaburu  
Por Poder



324944

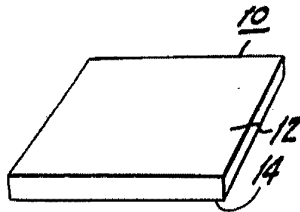


Fig. 1.

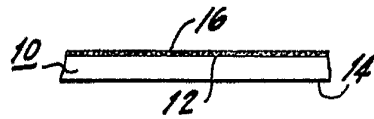


Fig. 2.

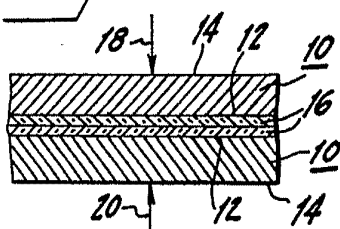


Fig. 3.

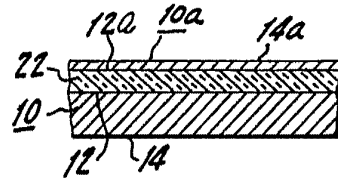


Fig. 4.

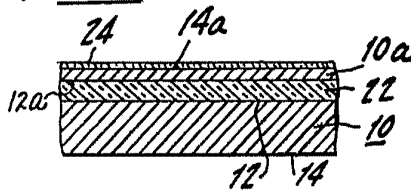


Fig. 5.

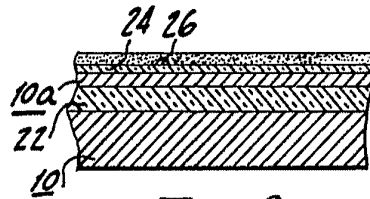


Fig. 6.

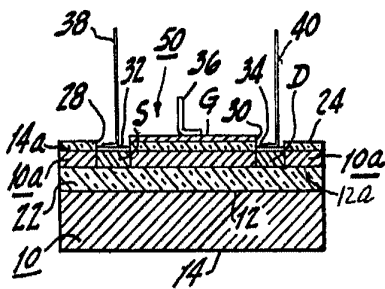


Fig. 7.

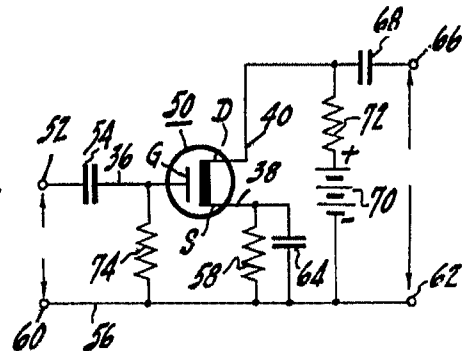


Fig. 8.

Alberto A. Escobedo  
Pat. Pod. C.