



P.- 34.594

PHH 895
(Div.)

337 433

337433

MEMORIA DESCRIPTIVA

que se presenta para unir a la solicitud
de

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

formulada el 1 de marzo de 1.967, con el número 337.433

en

E S P A Ñ A

por VEINTE años

a nombre de N.V. PHILIPS'GLUCILALPENFABRIEKEN, entidad
holandesa, establecida en Emmasingel 29, Eindhoven, Holan-
da, por:

"METODO DE FABRICACION DE UN DISPOSITIVO SEMICONDUCTOR".

La presente invención se refiere a un método de
fabricación de dispositivos semiconductores que tienen una
pluralidad de elementos de circuito formados sobre el mis-
mo cuerpo semiconductor en que una parte de un elemento de
5 circuito que aparece en la superficie tiene una construc-
ción material de tipo similar al de una parte de otro ele-
mento de circuito que aparece en la superficie teniendo di-
chas partes propiedades eléctricas diferentes y estando cu-
biertas por recubrimiento de óxidos.

10 Tales dispositivos generalmente son formados y



los varios elementos de circuito "acoplados, de una manera tal, que el conjunto constituye una unidad de circuito, más comunmente llamada un circuito integrado. Siempre que se hace referencia a una construcción material de tipo similar, debe entenderse en la presente como significando que las partes si consisten de un material de un tipo de conductividad, son del mismo tipo de conductividad o, si consisten de una o más regiones de tipos de conductividad diferentes, que regiones comparables de las dos partes tienen el mismo tipo de conductividad y corresponden en su ubicación con respecto a las otras regiones; por ejemplo cada parte puede tener una región de material de tipo n obtenida por difusión local de un dador en un sustrato de material de tipo p o una región de material de tipo p obtenida por difusión local de un aceptor o en un sustrato de material de tipo n.

Tal unidad de circuito usualmente debe tener diferentes clases de elementos de circuito. En la fabricación de tal unidad de circuito generalmente se utilizan procesos de difusión y máscaras adecuadas a fin de obtener localmente regiones de un tipo de conductividad determinado en la superficie del cuerpo semiconductor, en un sustrato de tipo de conductividad opuesto.

Por medio de procesos fotográficos son obtenidos generalmente trazados de enmascaramiento que consisten de un óxido por ejemplo óxido de silicio, de modo que, después de la difusión de una impureza adecuada, se obtienen varias regiones de formas y dimensiones deseadas de un tipo de conductividad opuesto al del material del sustrato. Sería deseable, por un lado, obtener regiones de un tipo de conduc-



5 actividad determinado para varios elementos de circuito, tan-
to como sea posible, por medio de un único proceso de difu-
sión y, por otro lado, adaptar el proceso de difusión pa-
ra obtener una región destinada a un elemento de circuito
determinado, tanto como sea posible, a las propiedades
deseadas del elemento de circuito correspondiente. Sin em-
bargo, para diferentes clases de elementos de circuito o
para la misma clase de elementos de circuito que tienen ca-
racterísticas deseadas relativamente diferentes, los re-
10 querimientos para la composición del material del sustra-
to y para la juntura entre una región tal y el material
del sustrato, no son los mismos para las características
óptimas de cada elemento de circuito.

15 Para este fin, podría efectuarse una pluralidad
de procesos de difusión con impurezas del mismo tipo, si
fuera posible, usando una máscara separada para cada proce-
so de difusión.

20 Tal procedimiento es trabajoso y vuelve cara a
la unidad de circuito. Podríamos darnos por satisfechos co-
mo elementos de circuito de los cuales no todos tienen un
funcionamiento óptimo, a fin de poder limitar el número de
procesos de difusión, pero esto implica el riesgo de que
la unidad de circuito completa se satisfaga las exigencias
impuestas. También podría intentarse, si fuera posible,
25 modificar la unidad de circuito añadiendo otros elementos
de circuito a fin de mejorar la unidad de circuito y en-
contrar así una compensación para los elementos de circui-
to que tienen características menos favorables, pero tales
medidas vuelven más complicada a la unidad de circuito.

30 Un objeto de la presente invención consiste en-

337433



tre otros, en lograr de una manera comparativamente simple que, en un dispositivo semiconductor de la clase mencionada en el exordio, las propiedades eléctricas de los elementos de circuito se adaptan mejor a las exigencias impuestas.

5

La invención se basa en el reconocimiento del hecho de que es posible utilizar la influencia conocida del recubrimiento de óxido sobre las propiedades de una parte de un elemento de circuito cubierto con tal recubrimiento de óxido.

10

De acuerdo con un primer aspecto de la invención un dispositivo semiconductor que tiene una pluralidad de elementos de circuito formados sobre el mismo cuerpo semiconductor, en que una parte de un elemento de circuito que aparecerá en la superficie tiene una composición de material similar al de una parte de otro elemento de circuito que aparece en la superficie y en que estas partes tienen propiedades eléctricas relativamente diferentes y están cubiertas por recubrimientos de óxido, se caracteriza porque las dos partes tienen una construcción material idéntica en cuanto al dopado del material semiconductor, pero han adquirido propiedades eléctricas relativamente diferentes por medio de las propiedades diferentes de sus recubrimientos de óxido. Las dos partes pueden consistir totalmente de material de un tipo de conductividad determinado, o cada una puede tener una o más junturas p-n. Siempre que se hace referencia a una construcción material idéntica, esto significa que regiones similares de dichas partes tienen la misma concentración o concentraciones de la misma impureza o impurezas. Siempre que se hace re-

15

20

25

30

337433

28 MAR



ferencia a las propiedades del rebubrimiento de óxido,
esto debe ser entendido como incluyendo las propiedades
de la juntura entre el óxido del recubrimiento y el mate-
rial semiconductor subyacente. Debe mencionarse que ya es
5 conocido que las propiedades eléctricas de un dispositivo
semiconductor pueden ser influenciadas por las propiedades
de un recubrimiento de óxido usado para el mismo. Sin embar-
go, nunca se ha sugerido dar diferentes propiedades a
partes de varios elementos de circuito formados sobre el
10 mismo cuerpo semiconductor y que tienen una construcción
material idéntica, por medio de sus recubrimientos de óxi-
do.

La expresión "elementos de circuito" debe ser
entendida en la presente como significando no solamente
15 aquellos elementos que cumplen una función de circuito di-
recta en una unidad de circuito, tales como transistores,
diodos, capacitores y resistores, a continuación llamados
elementos funcionales de circuito sino también las partes
del cuerpo semiconductor que cumplen una función indirec-
20 ta en una unidad de circuito, tales como conexiones conduc-
toras o partes que sirven para la aislación entre dos ele-
mentos de circuito funcionales, a continuación llamadas
"elementos de circuito adicionales".

En la práctica, mientras en un circuito diseñado
25 de la manera usual que tiene elementos de circuito sepa-
rados relativamente aislados, conectados de acuerdo con el
trazado deseado por medio de alambres metálicos rodeados
por material aislante, en general no es necesario tomar
medidas particulares para la aislación; con unidades de cir-
30 cuito formadas sobre un único cuerpo semiconductor es ne-

337433



cesario, debido al carácter semiconductor del material del sustrato, tomar medidas particulares para aislar entre sí los varios elementos de circuito, por ejemplo proveyendo una o más junturas p-n entre dichos elementos que durante el funcionamiento normal por ejemplo, son polarizadas en la dirección inversa, o en que, por otras razones, solamente puede pasar una pequeña corriente de fuga a través de la juntura p-n.

La presente invención permite aun dar diferentes propiedades a dos elementos de circuito que son idénticos no solamente con respecto a su construcción material sino también en tamaño y dimensiones.

De acuerdo con un segundo aspecto de la invención un método de fabricación de un dispositivo semiconductor de acuerdo con el primer aspecto de la invención, en que una pluralidad de elementos de circuito semiconductores es fabricada en un lado de un cuerpo semiconductor y es cubierta, al menos en parte, con recubrimientos de óxido, se caracteriza porque se obtiene una diferencia en las propiedades de los recubrimientos de óxido sobre partes de elementos de circuito diferentes, partes a las que se da una construcción material idéntica en cuanto al dopado del material semiconductor, aplicando recubrimientos de óxido de composición sustancialmente diferente sobre dichas partes y/o mediante una diferencia en la formación y/o tratamiento de los recubrimientos de óxidos sobre dichas partes.

Los recubrimientos de óxido sobre dos partes correspondientes de dos elementos de circuito diferentes sobre el cuerpo pueden tener composiciones sustancialmen-



te diferentes del óxido. Sin embargo, también puede obtenerse una diferencia en las propiedades con composiciones sustancialmente similares de los recubrimientos de óxido, por ejemplo realizando post-tratamientos diferentes, como se describirá detalladamente más adelante. El óxido sobre tal parte puede ser formado antes o durante los tratamientos de difusión utilizados. Como alternativa, el mismo puede ser aplicado posteriormente. No siempre es necesario que el recubrimiento de óxido sea homogéneo y puede comprender dos o más capas de composiciones diferentes. Tal recubrimiento que comprende más de una capa es obtenido, por ejemplo, si existía previamente un recubrimiento de óxido sobre una parte y posteriormente se realiza un tratamiento de difusión durante el cual la capa de óxido sirve como una máscara. Durante este tratamiento puede formarse una capa externa compuesta del material de óxido inicial y el óxido de la impureza localmente difundida en el material semiconductor.

La influencia de los recubrimientos de óxido puede atribuirse posiblemente a la formación de divisiones de carga, por ejemplo de una doble capa eléctrica, en la región de la juntura entre el material semiconductor y el recubrimiento de óxido. Debido a dicha capa doble es posible que se forme una capa de inversión en el material semiconductor, adyacentemente al recubrimiento, es decir una capa que actúa como una capa de un tipo opuesto a la del material subyacente, de modo que en la superficie se forma una especie de región conductora de tipo opuesto a la del sustrato.

La diferencia en las propiedades de los recubri-



mientos de óxido puede obtenerse de diferentes maneras.

Los recubrimientos de óxidos que pueden estar presentes sobre la superficie después de la formación de las dos partes de construcción material idéntica, recubrimientos que generalmente tienen la misma composición, pueden ser eliminados de las dos partes y reemplazados por recubrimientos de óxido de composiciones diferentes. También es posible eliminar el óxido de una parte y no de la otra parte, después de lo cual un recubrimiento de óxido de composición diferente es aplicada a la primera parte mencionada. Una vez que han sido aplicados los dos recubrimientos de óxido diferentes, preferiblemente se realiza un post-tratamiento adecuado, por ejemplo un proceso de post-calentamiento preferiblemente a una temperatura a la cual los donadores y aceptores sustancialmente no pueden difundirse en el material semiconductor.

Si se forma un recubrimiento de óxido que comprende dos o más capas de composiciones diferentes sobre las dos partes, es posible eliminar solamente una o más de dichas capas, pero no todas ellas, de una parte y no de la otra, seguido por un post-tratamiento adecuado por ejemplo un tratamiento térmico a una temperatura a la cual los donadores y aceptores sustancialmente no pueden difundirse en el material semiconductor subyacente. Como alternativa, preferiblemente si están presentes recubrimientos de óxido iguales sobre las dos partes, es posible aplicar una capa adicional al recubrimiento de óxido disponible sobre una parte y no sobre la otra parte, por ejemplo ya sea una capa de óxido de composición diferente o una capa de un material diferente, por ejemplo un metal. También en



este caso debería seguir un post-tratamiento o tomarse medidas similares durante la formación, por ejemplo un tratamiento térmico tal como se ha descrito precedentemente, para obtener una diferencia en las propiedades de los recubrimientos de óxido. Cuando se utiliza una capa adicional de material conductor, por ejemplo un metal, la capa adicional durante el tratamiento térmico preferiblemente es cortocircuitada electricamente con el material del sustrato. También es posible, si fuera deseable, eliminar la capa adicional, a baja temperatura, por ejemplo a temperatura ambiente, luego del post-tratamiento, por medio de un mordiente o un solvente, manteniéndose las diferencias en propiedades de los recubrimientos de óxido sobre las dos partes. En la práctica, en ciertos casos tal capa conductora, por ejemplo una capa metálica, puede dar lugar a acoplamientos capacitivos indeseados. Debe mencionarse que especialmente en unidades de circuito que comprenden más de un elemento de circuito formado sobre un único cuerpo semiconductor cuya superficie está cubierta, al menos parcialmente, con un recubrimiento de óxido, pueden aplicarse capas metálicas delgadas a dicho recubrimiento de óxido para interconectar elementos de circuito, con fines de contacto o que sirven como partes de elementos de circuito, por ejemplo para acoplamiento capacitivo con el sustrato. Dichas capas delgadas en sí mismas no producen ninguna modificación en las propiedades del recubrimiento de óxido. Esto solamente puede tener lugar con un tratamiento adicional adecuado antes o durante la formación, tal como un tratamiento térmico adecuado.

Mientras que con el uso de un recubrimiento de



5 óxido determinado puede obtenerse un cambio en las pro-
 piedades del mismo mediante un tratamiento térmico durante
 un cierto período de tiempo, a una temperatura determinada,
 se ha encontrado además que el uso de un gradiente de tem-
10 peratura, en muchos casos, puede producir otra variación
 lo que permite obtener una determinada diferencia en las
 propiedades, por ejemplo, si los recubrimientos de óxido
 tienen composiciones diferentes. Por ejemplo es posible dar
 al sustrato una temperatura más alta que la del lado supe-
15 rior del recubrimiento de óxido, mientras que el proceso
 inverso, en principio, puede producir igualmente una dife-
 rencia en las propiedades de los recubrimientos de óxido
 si sus composiciones son diferentes.

 Otro método de post-tratamiento consiste en la
15 acción de un vapor o gas de una composición determinada.
 Así, en ciertos casos, se ha encontrado que el vapor al ca-
 lentar un recubrimiento de óxido puede producir una cierta
 variación en las propiedades del recubrimiento de óxido.
 Si los recubrimientos de óxido sobre dos partes tienen com-
20 posiciones diferentes también puede obtenerse de esta ma-
 nera una diferencia deseada en las propiedades.

 Aún otra posibilidad de post-tratamiento de los
 recubrimientos de óxido para obtener una variación en las
 propiedades de los mismos consiste en irradiar la superfi-
25 cie cubierta con el recubrimiento de óxido.

 En particular el uso de irradiación para influir
 sobre las propiedades del recubrimiento de óxido hace posi-
 ble, usando una máscara adecuada, exponer una parte a la
 radiación y no exponer otra parte. Tal irradiación con el
30 uso de una máscara local puede ser usada para recubrimien-



tos de óxido de diferentes composiciones, así como aquellas de composición similar. Cuando se usan recubrimientos de óxido de composiciones diferentes sobre las dos partes, es posible también exponer ambas partes al mismo tratamiento de irradiación para obtener una diferencia en las propiedades de sus recubrimientos de óxido.

5

Se ha encontrado que la elección del rango de longitud de onda de la radiación usada puede ser importante. El rango de longitud de onda óptimo para obtener una variación determinada en las propiedades de los recubrimientos de óxido puede ser elegido mediante experimentos.

10

Se ha encontrado aún que, con la elección de un rango diferente de longitud de onda, puede obtenerse un efecto diferente sobre las propiedades del mismo recubrimientos de óxido. Irradiaciones diferentes pueden tener aún efectos relativamente opuestos. Esto hace posible, entre otros, exponer primero ambas partes cubiertas con recubrimientos de óxido a irradiación del mismo rango de longitud de onda y luego usar irradiación de efecto opuesto enmascarando una parte.

15

20

Los post-tratamientos antes mencionados pueden ser combinados además, de una manera adecuada para obtener ciertos efectos deseados. En este caso es posible también, por ejemplo, usar efectos relativamente opuestos, por ejemplo primero uno o más post-tratamientos sin usar irradiación y luego un tratamiento de irradiación con efecto opuesto durante el cual una parte es enmascarada y la otra no.

25

En lugar de dos partes de construcción material idéntica, naturalmente, también es posible dar una diferencia en propiedades a más partes de construcción material

30



idénticas pertenecientes a diferentes elementos de circuito, usando recubrimientos de óxidos de propiedades diferentes,

5 A fin de que la invención pueda ser fácilmente llevada a la práctica, la misma será descrita a continuación detalladamente, a título de ejemplo, con referencia al dibujo esquemático que se acompaña, en que

10 La figura 1 muestra, en corte vertical, parte de un dispositivo semiconductor que tiene dos transistores con efecto de campo.

La figura 2 es un gráfico que muestra las características de los dos transistores con efecto de campo de la figura 1, y

15 La figura 3 muestra en corte vertical, parte de un dispositivo semiconductor con un transistor y un transistor con efecto de campo.

20 La figura 1 muestra parte de un cuerpo semiconductor que tiene una pluralidad de elementos de circuito que emergen en una superficie, en este ejemplo dos transistores 2 y 3 con efecto de campo. El cuerpo consiste de, por ejemplo material semiconductor 4 del tipo p homogéneamente dopado, de resistividad comparativamente baja en que se han formado cuatro regiones de tipo n , 5, 6 y 7 y 8, por difusión de un dador con el uso de una capa de óxido de enmascaramiento.

25 Las regiones de tipo n formadas tienen una construcción material idéntica. Una región 9 de tipo p entre las regiones 5 y 6 y una región 10 de tipo p entre las regiones 7 y 8 están cubiertas con recubrimientos de óxido 11 y 12.

337433



Respectivamente, que también cubren preferentemente las
junturas con las regiones de tipo n adyacentes. las regio-
nes de tipo n 5, 6 y 7 y 8 pueden ser de forma y tamaño
idénticos, mientras que la separación entre las regiones 5
5 y 6 también pueden ser iguales a aquella entre las regio-
nes 7 y 8. Electrodoes 13 y 14 en la forma de capas metá-
licas delgadas son aplicadas a los recubrimientos de óxi-
dos 11 y 12, respectivamente, y contactos ohmicos en la for-
ma de capas metálicas delgadas 15, 16 17 y 18 se forman
10 sobre las regiones de tipo n 5, 6, 7 y 8 respectivamente.
Se han formado así dos transistores 2 y 3 con efecto de
campo que son idénticos en su construcción material, Los
dos recubrimientos de óxido 11 y 12 difieren, sin embargo,
en sus propiedades, de modo que se forma una zona delgada
15 sustancialmente conductora de electrones en la juntura en-
tre el recubrimiento de óxido 12 y el material 10 de tipo
p subyacente, mientras que tal zona no se forma, o es for-
mada con una construcción mucho más pobre, en la juntura
entre el recubrimiento de óxido 11 y el material 9 de tipo
20 p subyacente. Dicha zona delgada es llamada a veces capa
de inversión dado que esta zona por así decir, exhibe un
tipo de conductividad opuesta a la del material semiconduc-
tor subyacente.

En el caso en consideración probablemente se
25 forma una carga positiva en la juntura entre el recubri-
miento de óxido 12 y el material semiconductor subyacente
sobre el lado del óxido y una carga negativa sobre el lado
del material semiconductor, siendo tal la densidad de las
cargas que en una zona delgada adyacente a la juntura con
30 el óxido, la concentración de los portadores de carga de

337433



mayoría original (Lagunas) ha disminuído grandemente y la concentración de portadores de carga de minoría original (electrones) ha aumentado grandemente en grado tal que dicha zona delgada se ha vuelto sustancialmente de conductividad n. Debido a la concentración comparativamente alta de electrones en esta zona delgada se forma un canal conductor n entre las dos regiones de tipo n 7 y 8. Si un contacto 18, el contacto de drenaje del transistor con efecto de campo 3, es polarizado positivamente con respecto al contacto 17, el contacto de fuente, mientras que el electrodo 14, la compuerta, es cortocircuitado con la fuente, pasará una corriente eléctrica entre la fuente y el drenaje a través de dicho canal conductor n. En el transistor con efecto de campo 2, que no tiene tal canal conductor, para un potencial correspondiente entre su contacto de drenaje 16 y su contacto de fuente 15 con el electrodo de compuerta 13 cortocircuitado con el contacto de fuente 15, como máximo circulará una pequeña corriente de fuga entre la fuente y el drenaje, dado que la juntura entre la región de tipo n 6 y la región de tipo p 9 está bloqueada también en la superficie del cuerpo semiconductor.

La figura 2 muestra un gráfico, en que para los transistores con efecto de campo 2 y 3, a una tensión constante entre la fuente y el drenaje. La intensidad de corriente entre la fuente y el drenaje i_{ds} , está trazada contra la tensión V_g , a continuación llamada la tensión de compuerta, aplicada entre la compuerta y la fuente. La curva 20 dibujada en línea llena se refiere al transistor con efecto de campo 2 y la curva 21 dibujada en líneas punteadas se refiere al transistor con efecto de campo 3. De la curva 20

337435



en línea llena pueda verse que, si la tensión de compuerta aumenta de 0 a valores positivos, la intensidad de corriente I_{DS} aumenta también substancialmente desde 0.

5 La influencia de la tensión de compuerta sobre la intensidad de corriente I_{DS} puede ser explicada de la manera siguiente. Como resultado de la tensión de compuerta positiva, las lagunas adyacentes a la juntura entre la capa de óxido 11 y la región 9 subyacente de tipo P son empujadas alejándose de la superficie, aumentando así la concentración de electrones en una zona delgada a lo largo de dicha superficie y formando un canal conductor entre las regiones de tipo n 5 y 6. Cuanto más positiva es la tensión de compuerta más ancha es dicha zona conductora y menor es la resistencia para la corriente de electrones desde la fuente al drenaje. Sin embargo, el transistor con efecto de campo 3 tiene ya un canal conductor para electrones desde la región de fuente 7 a la región de drenaje 8.

10 Sin embargo, aplicando una tensión negativa al electrodo de compuerta 14, la concentración de electrones en la capa de inversión delgada se vuelve menor debido a la atracción de lagunas desde el material de tipo p de la región 10 colocada debajo de dicha capa de inversión, disminuyendo también el ancho del canal conductor n hasta que el camino de corriente entre las regiones de fuente y drenaje es substancialmente bloqueada cuando se aplica una tensión de compuerta negativa suficientemente alta. Así en el transistor con efecto de campo 3, debido al aumento en la polarización, en este caso negativa, de la compuerta, disminuye la intensidad de corriente entre la fuente y el drenaje mientras que el transistor con efecto de cam-



po 2, durante el aumento en la polarización, en este caso
positiva, de la compuerta, aumenta la intensidad de co-
rriente entre la fuente y el drenaje. Así están presentes
dos transistores con efecto de campo en el mismo cuerpo se-
miconductor, que aunque son sustancialmente idénticos con
5 respecto a su construcción de material semiconductor, tie-
nen aun propiedades eléctricas diferentes debido a la di-
ferencia en las propiedades de sus recubrimientos de óxi-
do. Para obtener tal diferencia en las propiedades no es
10 necesario usar procesos de difusión separados para obtener
el dopado requerido de cada transistor con efecto de campo.

Será evidente que, aunque se han descrito prece-
dentemente transistores con efecto de campo del tipo npn,
tales diferencias en propiedades pueden ser obtenidas tam-
15 bién fundamentalmente en el caso de dos transistores con
efecto de campo del tipo pnp mediante la diferencia en las
propiedades de sus recubrimientos de óxido.

Para evitar que los dos transistores con efecto
de campo 2 y 3 se interfirieran entre sí en su funcionamien-
20 to, debe evitarse que exista una conexión conductora en la
superficie del semiconductor entre la fuente o drenaje de
un transistor con efecto de campo y la fuente o drenaje del
otro transistor con efecto de campo, por ejemplo entre la
región de fuente 7 del transistor con efecto de campo 3 y
25 la región de drenaje 8 del transistor con efecto de campo
2. Se elige un recubrimiento de óxido 19 que tiene propie-
dades tales que no se forma un canal conductor de electro-
nes adyacentemente a la juntura con el material subyacen-
te de conductividad p.

30 Consecuentemente debe darse al recubrimiento de
óxido 19 una diferencia en propiedades en relación al re-



cubrimiento de óxido 11 que en lo demás cubre el mismo material de tipo p del cuerpo 1.

5 La figura 3 muestra parte de un cuerpo semiconductor 41 de material de tipo n homogéneamente dopado en que están formados en un lado más de un elemento de circuito. En la parte ilustrada del cuerpo se han formado un transistor 22 de tipo npn corriente y un transistor 23 con efecto de campo de tipo npn, por ejemplo mediante procesos de difusión usando un enmascaramiento adecuado, durante el cual se han formado simultáneamente primero dos regiones de tipo p 24 y 31 por difusión de un aceptor y luego tres regiones de tipo n 25, 32y 33 han sido formadas simultáneamente por difusión de un dador.

10 El transistor 22 está constituido por la región de tipo n 25 como emisor, provista con un contacto emisor ohmico 27 en la forma de una capa metálica, la región de tipo p 24 como base, provista con un contacto de base ohmico 26 en la forma de una capa metálica, y el material de tipo n original como colector, provisto con un contacto colector 28 en la forma de una capa metálica.

15 Una capa de óxido 29 cubre, con excepción de una ventana para el contacto de base 26, la superficie de la región de base entre el emisor y el colector.

20 El transistor con efecto de campo 23 comprende el sustrato de tipo p 31 sobre el cual no se ha provisto ningún contacto, la región de fuente de tipo n 32 provista con un contacto ohmico 24 y la región 33 de drenaje de tipo n provista con un contacto ohmico 35. Una región 38 de tipo p entre las regiones de tipo n 32 y 33 está cubierta con un recubrimiento de óxido 36 sobre el cual se forma

337433



un electrodo de compuerta 37. El recubrimiento de óxido es tal que, sin polarización del electrodo de compuerta 37, se forma un canal conductor n entre las regiones 32 y 33. Este transistor con efecto de campo de tipo npn tiene así una característica del tipo correspondiente a la curva punteada 21 de la figura 2.

El recubrimiento de óxido 29 del transistor 22 difiere en propiedades del recubrimiento de óxido 36 en grado tal que no se forma canal conductor n en la superficie de la región de base 30. Tal canal conductor resultaría en un camino de fuga entre el emisor y el colector, lo que es indeseable para el funcionamiento del transistor.

Será evidente que los ejemplos descritos de combinaciones de elementos de circuito que tienen partes de construcción material idéntica pero tienen recubrimientos de óxidos que difieren relativamente en propiedades, no son limitativos de la invención y que pueden darse propiedades eléctricas mejoradas a muchas otras combinaciones de tales elementos de circuito que comprenden partes con construcción material idéntica, por medio de las propiedades diferentes de sus recubrimientos de óxido. Así es posible, por ejemplo, fabricar simultáneamente un transistor de tipo npn y un tiristor de tipo npnp en el mismo cuerpo semiconductor mediante procesos de difusión adecuados para obtener una característica óptima de ganancia de corriente para el transistor y las propiedades de conmutación deseadas para el tiristor por medio de las propiedades diferentes de los recubrimientos de óxido, por ejemplo, sobre las junturas n-p de construcción material idéntica, entre el emisor y la base del transistor por un lado y entre el



emisor y la región de electrodo de control del tiristor por el otro.

5 Debe mencionarse que ya es conocido formar un electrodo de control capacitivo sobre un recubrimiento de óxido sobre una juntura n-p o p-n entre el emisor y la base de un transistor o sobre un recubrimiento de óxido sobre una juntura n-p o p-n entre el emisor y la región de electrodo de control de un tiristor, siendo capaz el potencial aplicado a dicho electrodo de control capacitivo de 10 influenciar las propiedades eléctricas de tal elemento de circuito. Sin embargo, esto requiere el uso de un electrodo adicional y una conexión para dicho electrodo.

15 A continuación se darán varios ejemplos de métodos para obtener recubrimientos de óxido de propiedades diferentes sobre partes de un cuerpo semiconductor que tienen una construcción material idéntica en cuanto a sus dopados. I.- Se utiliza una oblea monocristalina de silicio que consiste de silicio de tipo p activado con indio que tiene una resistividad de 5 Ohm-cm y caras perpendiculares a los ejes 111. La superficie es pulida en un lado 20 de manera conocida usando óxido de aluminio finamente pulverizado y mordiendo luego con una mezcla de ácido nítrico concentrado y ácido fluorhídrico concentrado. Un recubrimiento de óxido de silicio es aplicado a dicha superficie por oxidación térmica a 1200°C en oxígeno húmedo obtenido 25 haciendo pasar oxígeno puro a través de agua de 300°C.

30 Se forman ventanas en el recubrimiento de óxido de manera conocida mediante un proceso de foto-mordicación, después de lo cual es difundido fósforo localmente usando la acción de enmascaramiento del recubrimiento de óxido de



silicio.

5 Para este fin la rebanada de silicio es calentada primero a 920°C durante 30 minutos en un flujo de nitrógeno gaseoso al que se ha agregado pentóxido de fósforo, originada de una cantidad de pentóxido de fósforo calentado a 220°C, después de lo cual la fuente de pentóxido de fósforo es enfriada a temperatura ambiente y la rebanada de silicio es calentada a 1150°C durante 4 horas y luego enfriada lentamente. El fósforo se ha difundido en las
10 ventanas formando regiones de tipo n, de aproximadamente 6 micrones de espesor.

Se encontró que el recubrimiento de óxido de enmascaramiento ha adquirido un espesor de aproximadamente 1,2 micrones, conteniendo fósforo el material de óxido hasta una profundidad de aproximadamente 0,5 micrones y
15 teniendo aproximadamente la composición $12 \text{ SiO}_2 \cdot \text{P}_2\text{O}_5$. Pueden darse al recubrimiento de óxido propiedades diferentes localmente cubriéndolo con una laca resistente a la mordición, por ejemplo un fotoresist, siendo posible obtener el trazado que debe ser cubierto por medios fotográficos,
20 después de lo cual tiene lugar una mordición durante un periodo tan corto que la capa que contiene fósforo es localmente eliminada por mordición, manteniéndose el recubrimiento de óxido subyacente que sustancialmente no contiene fósforo o contiene solo muy poco fósforo, después
25 de lo cual es eliminada la capa protectora de laca. Subsecuentemente la rebanada de silicio es calentada a 400°C en nitrógeno húmedo durante 1 hora. La difusión de fósforo en silicio es substancialmente imposible a esta temperatura.
30 Propiedades de conducción de característica de tipo n pueden

337433



ser mostradas adyacentemente a la juntura entre el silicio tipo p y el recubrimiento de óxido, pero la conducción es solamente muy débil en el área en que la capa superior que contiene fósforo no ha sido eliminada y es mucho más intensa en el área en que ha sido previamente eliminada por el tratamiento de mordicación la capa superior que contenía óxido fosfórico.

5

Resulta así posible proveer recubrimientos de óxido de propiedades relativamente diferentes sobre partes de diferentes elementos de circuito que tienen construcciones materiales idénticas. Así es posible, por ejemplo obtener una diferencia en las propiedades de los transistores con efecto de campo previamente descritos con referencia a la figura 1, obteniéndose en este caso regiones de fuentes y de drenaje por difusión de fósforo, eligiéndose el recubrimiento de óxido no mordicado como el recubrimiento de óxido 11 en el transistor con efecto de campo 2 y el recubrimiento de óxido parcialmente eliminado por mordicación como el recubrimiento de óxido 12 en el transistor con efecto de campo 3, consistiendo el recubrimiento de óxido 19, preferiblemente del recubrimiento de óxido no mordicado.

10

15

20

En este caso la característica $I_{sd} - V_g$ del transistor con efecto de campo 2 es aproximadamente de la clase correspondiente a la curva 20 de la figura 2 en que I_{sd} es muy pequeña para $V_g = 0$.

25

Las características correspondiente del transistor con efecto de campo 3 es de la clase mostrada por la curva 21 en la figura 2.

30

En el dispositivo semiconductor de la figura 3



5 el recubrimiento de óxido no mordicado puede ser usado como el recubrimiento de óxido 29 del transistor 22, y el recubrimiento de óxido que ha sido parcialmente eliminado por mordicación puede ser usado como el recubrimiento de óxido 36 del transistor con efecto de campo 23.

10 Debe mencionarse que el tratamiento de mordicación en sí mismo no es suficiente para obtener la diferencia en propiedades, obteniéndose esta diferencia solamente después del post-tratamiento térmico. Los electrodos de compuerta 13 y 14 en este caso, se forman solamente después del tratamiento térmico.

15 II.- En una rebanada de silicio de tipo p con una resistividad de 5 ohm-cm se forman regiones de tipo n sobre un lado mediante difusión de fósforo de una manera descrita en el ejemplo precedente. El recubrimiento de óxido formado sobre la superficie es eliminado de toda la superficie mediante mordicación con ácido fluorhídrico. Subsecuentemente se forma un nuevo recubrimiento de óxido calentando la rebanada a 9000°C durante 10 minutos en oxígeno seco a presión atmosférica. Luego es depositado monóxido de silicio (SiO) por evaporación en vacío de una manera conocida, siendo enmascaradas durante este proceso partes de la superficie mediante una máscara adecuada. Luego la rebanada es calentada a 900°C en oxígeno seco durante 25 10 minutos. En el área en que se ha depositado monóxido de silicio sobre el recubrimiento de óxido, solamente puede encontrarse una conducción de tipo n baja, en la junta de silicio tipo p y la capa de óxido, mientras que en el área 3n que el recubrimiento de óxido ha sido enmascarado durante la deposición de SiO se obtiene una conducción 30



tipo n mucho mayor en la juntura del silicio tipo p y el recubrimiento de óxido.

En la fabricación del dispositivo semiconductor de la figura 1, es posible, al formar los recubrimientos de óxido 11 y 19 depositar SiO por evaporación enmascarando el recubrimiento de óxido 12. En la fabricación del dispositivo semiconductor de la figura 3 es posible, al formar el recubrimiento de óxido 29, depositar SiO por evaporación enmascarando el recubrimiento de óxido 36.

III.- Fósforo es localmente difundido en una rebanada de silicio de tipo p de la manera descrita en el Ejemplo 1. El recubrimiento de óxido sobre el silicio de tipo p es irradiado ahora con radiación de rayos X. La cantidad de radiación es 10^4 roentgen por minuto usando un tubo de rayos X que tiene un ánodo de tungsteno y una tensión anódica de 150 kilovolts y un período de irradiación de 30 minutos. Después de esta irradiación se obtiene una conducción tipo n comparativamente intensa en la juntura del recubrimiento de óxido y el silicio de tipo p. A continuación la superficie es localmente irradiada con radiación ultravioleta con una lámpara de vapor de mercurio, usando una máscara de radiación. La conducción de tipo n comparativamente intensa permanece en la juntura del silicio tipo p y el recubrimiento de óxido en el área en que el recubrimiento de óxido ha sido enmascarado contra la acción de la radiación ultravioleta mientras que ya no se encuentra sustancialmente conducción de tipo n en el área en que la superficie ha sido irradiada con radiación ultravioleta.

Tal tratamiento puede ser usado en la fabricación de los dispositivos semiconductores mostrados en las



figuras 1 y 3, en que los recubrimientos de óxido 11 y 19 y 29, respectivamente, son expuestos a la radiación ultravioleta mientras que los recubrimientos de óxido 12 y 36, respectivamente, son enmascarados durante esta irradiación.

5 IV.- Después de difusión local de dadores y aceptores, el recubrimiento de óxido obtenido durante este proceso puede ser eliminado y un recubrimiento de óxido de silicio hecho crecer de la manera descrita en el Ejemplo II, pero
10 ahora en una atmósfera de oxígeno saturada con vapor. A continuación la superficie es irradiada parcialmente con radiación ultravioleta usándose una máscara óptica. En la
juntura de la superficie y el recubrimiento de óxido existe una conducción n comparativamente intensa en el área en que la superficie no ha sido irradiada mientras que
15 tal conducción tipo n existe solamente en muy pequeño grado, o sustancialmente no existe, en el área en que la superficie ha sido irradiada.

Este método puede ser usado también, por ejemplo, para obtener recubrimientos de óxido adecuados de propiedades diferentes para la fabricación de los dispositivos
20 semiconductores de las figuras 1 y 3 de una manera similar a la descrita en el ejemplo III.

V.- También es posible, después del tratamiento de difusión descrito en el ejemplo I, usar un tratamiento térmico
25 entre 300°C y 800°C en una atmósfera de hidrógeno, seguido por irradiación local con ultravioleta con un resultado similar al descrito en el Ejemplo IV.

VI.- Otra posibilidad de variar las propiedades de los recubrimientos óxido sobre un material del sustrato de construcción material idéntica, consiste en evaporar un metal
30

337433



(por ejemplo aluminio) sobre el recubrimiento de óxido obtenido después de la difusión de fósforo descrita en el ejemplo 1, seguido por un tratamiento térmico, por ejemplo entre 300°C y 700°C durante varios minutos, pudiendo conectarse eléctricamente la capa metálica durante este proceso, si fuera deseable, al material semiconductor subyacente. Se obtiene así una conducción de tipo n comparativamente intensa en la juntura entre el silicio tipo n y el recubrimiento de óxido. Después de irradiación local con ultravioleta esta conducción n substancialmente ha desaparecido en las áreas irradiadas. El metal puede ser eliminado del recubrimiento de óxido antes de la irradiación pero después del tratamiento térmico.

VII.- También es posible aplicar un metal a parte del recubrimiento de óxido y no aplicarlo a otra parte correspondiente, seguido por el tratamiento térmico descrito en el ejemplo IV, posible cortocircuitando la capa metálica con el material semiconductor subyacente, después de lo cual el metal puede ser eliminado del recubrimiento de óxido, si fuera deseable, También en este caso se produce una diferencia en las propiedades de los recubrimientos de óxido. Se produce una conducción tipo n comparativamente intensa en la juntura entre el recubrimiento de óxido y el material de tipo n subyacente, en el área en que el metal estaba presente durante el tratamiento térmico, mientras que esta conducción tipo n es muy débil solamente en las áreas de superficie no cubiertas con metal. Esta acción de una capa metálica sobre el recubrimiento de óxido seguido por un tratamiento térmico ya es conocida y el efecto puede depender entre otros del metal elegido.

337433



VIII.- Es posible proceder de la manera descrita en el Ejemplo VII, pero aplicar un determinado potencial entre la capa metálica y el material semiconductor subyacente durante el tratamiento térmico, dependiendo las propiedades obtenidas para el recubrimiento de óxido, como ya es sabido, de la polaridad y la magnitud de la tensión aplicada. Cuando se usan recubrimientos metálicos locales diferentes, relativamente separados, es posible ahora volver diferentes las propiedades de los recubrimientos de óxido aplicando diferentes potenciales, posiblemente aun de polaridades diferentes, a dichos recubrimientos.

IX.- El tratamiento descrito en el ejemplo VIII puede ser variado aún más usando, en lugar del tratamiento térmico, un tratamiento de irradiación, por ejemplo radiación con rayos X o radiación ultravioleta. En este caso también puede usarse radiación local.

X.- Además es posible cubrir varias partes con recubrimientos de óxido de diferentes composiciones químicas, resultando así en una diferencia en las propiedades de los recubrimientos de óxido. En este caso se usa preferiblemente un post-tratamiento adecuado, por ejemplo un tratamiento térmico o un tratamiento de radiación.

Además de los recubrimientos de óxido especificados en los ejemplos precedentes, es posible usar localmente, por ejemplo recubrimientos conocidos que consisten de óxido de silicio y óxido de plomo u óxido de silicio y óxido de aluminio.

XI.- El tratamiento térmico sugerido precedentemente como post-tratamiento, puede consistir como alternativa, en aplicar un gradiente de temperatura entre los lados superior

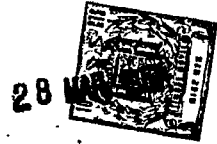


e inferior de la rebanada, por ejemplo calentando el lado superior, por ejemplo con radiación térmica y enfriando el lado inferior o inversamente, durante cuyo proceso, como se ha destacado precedentemente, pueden obtenerse efectos que difieren de los efectos obtenidos mediante un tratamiento térmico como el descrito precedentemente, sin usar un gradiente de temperatura; es posible aún producir un efecto que es opuesto al mismo. Cuando se usa radiación térmica es posible nuevamente obtener una diferencia local por radiación local con infrarrojo.

Los ejemplos antes mencionados de métodos para obtener recubrimientos de óxido permiten dar a partes de los elementos de circuito en el mismo cuerpo semiconductor que tienen una construcción material idéntica, una diferencia en propiedades por medio de recubrimientos de óxido que tienen propiedades diferentes.

En los ejemplos precedentes se ha usado silicio como material semiconductor, pero la invención no está limitada a este material semiconductor. Así también se han aplicado recubrimientos de óxido a otros materiales semiconductores, por ejemplo germanio. También en este caso la invención permite dar, en un dispositivo semiconductor que comprende un cuerpo semiconductor que tiene una pluralidad de elementos de circuito, a partes de diferentes elementos de circuito que tienen una construcción material idéntica, diferentes propiedades mediante una diferencia en las propiedades de los recubrimientos de óxido sobre dichas partes.

Siempre que se hace referencia a un cuerpo semiconductor, esto debe entenderse como incluyendo también



un cuerpo que tiene capas semiconductoras aplicadas a un sustrato aislante o regiones semiconductoras separadas. En tal cuerpo también es esencial que las partes del material semiconductor destinadas para los varios elementos de circuito pueden ser sometidas en general a los mismos tratamientos térmicos, tales como tratamientos de difusión, etc, pudiendo no obstante darse a cada elemento de circuito, tanto como sea posible, las propiedades requeridas para cada uno de ellos.

Esta solicitud que corresponde a la presentada en Holanda el 5 de junio de 1.965 con el número 65-07231, 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.- Método de fabricación de un dispositivo semiconductor que tiene una pluralidad de elementos de circuito formados sobre el mismo cuerpo semiconductor, en que una pluralidad de elementos de circuito semiconductores son fabricados en un lado de un cuerpo semiconductor y son cubiertos, al menos parcialmente, con recubrimientos de óxido, caracterizado porque se obtiene una diferencia en



las propiedades de los recubrimientos de óxidos sobre partes de los diferentes elementos de circuito, partes a las que se da una construcción material idéntica en cuanto al dopado del material semiconductor, aplicando recubrimientos de óxido compuestos de manera sustancialmente diferente sobre dichas partes y/o mediante una diferencia en la formación y/o tratamiento de los recubrimientos de óxido sobre dichas partes.

5

10

2.- Método de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque recubrimientos de óxido de igual composición son formados sobre las dos partes, y uno de dichos recubrimientos es reemplazado por un recubrimientos de óxido de una composición diferente.

15

20

3.- Método de acuerdo con la reivindicación 1, en que cada una de las dos partes está cubierta con un recubrimiento de óxido que comprende dos o más capas delgadas de composiciones diferentes ubicadas una sobre la otra, caracterizado porque manteniéndose las capas de óxido inferiores sobre las dos partes, una o más de las capas superiores es o son eliminadas de una parte y no de la otra.

25

4.- Método de acuerdo con la reivindicación 1, en que las dos partes están cubiertas por recubrimientos de óxido similares, caracterizado porque una capa de una composición diferente es aplicada al recubrimiento de óxido sobre una parte y no es aplicada al recubrimiento de óxido sobre la otra parte.

30

5.- Método de acuerdo con la reivindicación 4, en que el material semiconductor es silicio y se forman recubrimientos de óxido de dióxido de silicio sobre las

337433



dos partes, caracterizado porque es evaporado monóxido de silicio sobre el recubrimiento de óxido de una parte.

5 6.- Método de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque los dos recubrimientos de óxido son sometidos al mismo post-tratamiento.

7.- Método de acuerdo con la reivindicación 6, caracterizado porque se usa un tratamiento térmico en el post-tratamiento.

10 8.- Método de acuerdo con la reivindicación 7, caracterizado porque es mantenido un gradiente de temperatura a través del cuerpo semiconductor entre el lado del recubrimiento de óxido y el lado opuesto.

15 9.- Método de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque recubrimientos de óxido de composiciones iguales son aplicados a las dos partes, pero se usan diferentes post-tratamientos para las dos partes.

20 10.- Método de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque en el post-tratamiento se usa al menos un tratamiento de radiación.

11.- Método de acuerdo con la reivindicación 10, caracterizado porque se usa un tratamiento con rayos X.

25 12.- Método de acuerdo con la reivindicación 10, caracterizado porque se usa un tratamiento con radiación ultravioleta.

13.- Método de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones 10 a 12, caracterizado porque se usa una máscara local contra la radiación.

30 14.- Método de fabricación de un dispositivo

337433



semiconductor.

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.

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

28 MAR 1967

Madrid,

P.A.

Alberto de Elizalde
por Balle

337433

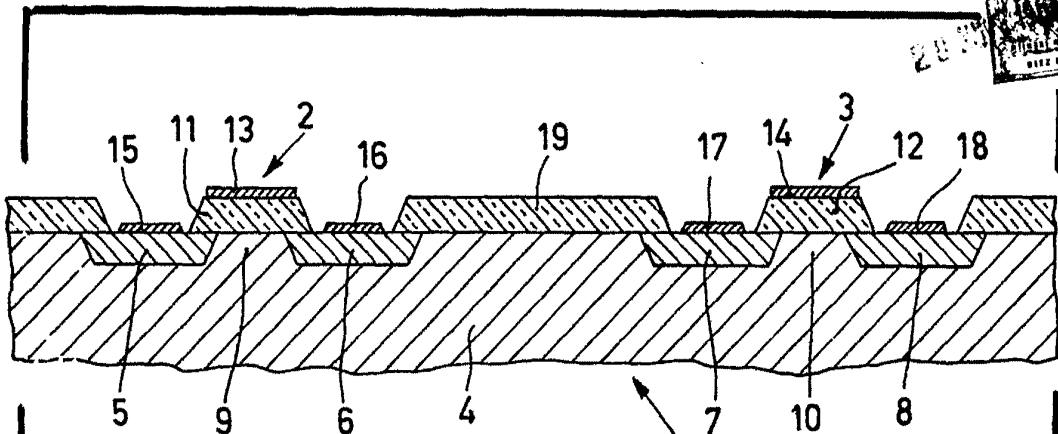


FIG.1

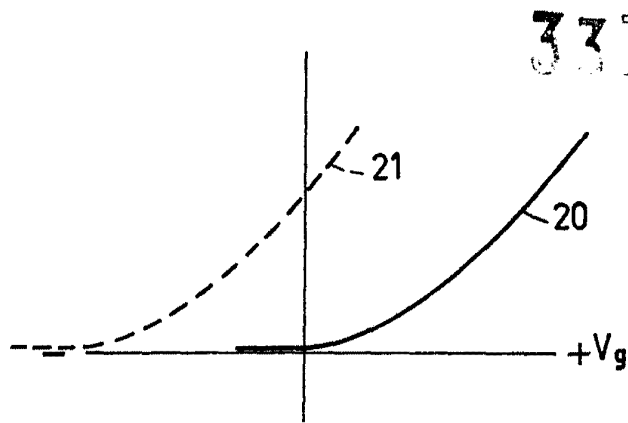


FIG.2

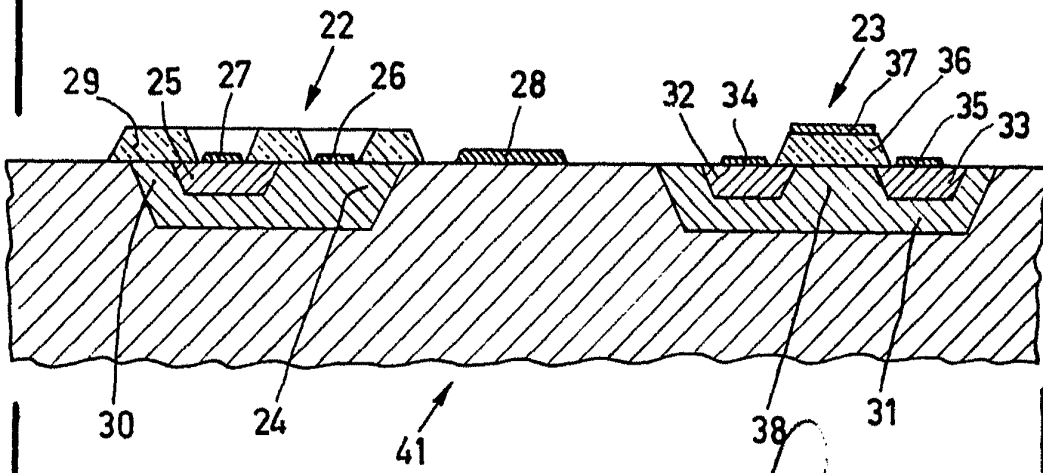


FIG.3

Alberto de ...
Alberto de ...