

P- 31.912

PHN 895

327508



MEMORIA DESCRIPTIVA

327508

para solicitar

PATENTE DE INVENCIÓN

en

ESPAÑA

por VEINTE años

a nombre de N.V. PHILIPS 'GLOEILAMPENFABRIEKEN, entidad holandesa, establecida en Emmasingel 29, Eindhoven, Holanda,  
por:

"DISPOSITIVO SEMICONDUCTOR QUE TIENE UNA PLURALIDAD DE ELEMENTOS DE CIRCUITO FORMADOS SOBRE EL MISMO CUERPO SEMICONDUCTOR"

---

La presente invención se refiere a dispositivos  
semiconductores que tienen una pluralidad de elementos de  
circuito formados sobre el mismo cuerpo semiconductor en que  
una parte de un elemento de circuito que aparece en la super  
5 ficie tiene una construcción material de tipo similar al de  
una parte de otro elemento de circuito que aparece en la su-  
perficie teniendo dichas partes propiedades eléctricas dife-  
rentes y estando cubiertas por recubrimiento de óxidos.

327508

3 JUN 1968



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 substrato de material de tipo p o una región de material de tipo p obtenida por difusión local de un aceptor o en un substrato 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 substrato 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 substrato.

327508



Sería deseable, por un lado, obtener regiones de un tipo de conductividad determinado para varios elementos de circuito, tanto como sea posible, por medio de un único proceso de difusión y, por otro lado, adaptar el proceso de difusión para obtener una región destinada a un elemento de circuito determinado, tanto como sea posible, a las propiedades deseadas del elemento de circuito correspondiente. Sin embargo, para diferentes clases de elementos de circuito o para la misma clase de elementos de circuito que tienen características deseadas relativamente diferentes, los requerimientos para la composición del material del substrato y para la juntura entre una región tal y el material del substrato, no son los mismos para las características óptimas de cada elemento de circuito.

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 proceso de difusión.

Tal procedimiento es trabajoso y vuelve cara a la unidad de circuito. Podríamos darnos por satisfechos como 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 no satisfaga las exigencias impuestas. También podría intentarse, si fuera posible, modificar la unidad de circuito añadiendo otros elementos de circuito a fin de mejorar la unidad de circuito y encontrar así una compensación para los elementos de circuito que tienen características menos favorables, pero tales medidas vuelven más complicada a la unidad de circuito.



Un objeto de la presente invención consiste entre 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 adapten mejor a las exigencias impuestas.

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.

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 aparece 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 diferente 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 im-

327508



purezas. Siempre que se hace referencia a las propiedades del recubrimiento de óxido, esto debe ser entendido como incluyendo las propiedades de la juntura entre el óxido del recubrimiento y el material semiconductor subyacente.

5 Debe mencionarse que ya es 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 embargo, nunca se ha sugerido dar diferentes propiedades a partes de varios elementos de  
10 circuito formados sobre el mismo cuerpo semiconductor y que tienen una construcción material idéntica, por medio de sus recubrimientos de óxido.

La expresión "elementos de circuito" debe ser entendida en la presente como significando no solamente aquellos  
15 elementos que cumplen una función de circuito directa 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 indirecta en una  
20 unidad de circuito, tales como conexiones conductoras o partes que sirven para la aislación entre dos elementos 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 separados 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 circuito  
30 formadas sobre un único cuerpo semiconductor es necesario,



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 funcio  
5 namiento normal por ejemplo, son polarizadas en la direc-  
ción inversa, o en que, por otras razones, solamente pue-  
de pasar una pequeña corriente de fuga a través de la jun-  
tura p-n.

La presente invención permite aún dar diferentes  
10 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 -  
15 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 cu -  
bierta, al menos en parte, con recubrimientos de óxido, se  
caracteriza porque se obtiene una diferencia en las propie-  
20 dades de los recubrimientos de óxido sobre partes de elemen-  
tos de circuito diferentes, partes a las que se da una cons-  
trucción material idéntica en cuanto al dopado del material  
semiconductor, aplicando recubrimientos de óxido de composi-  
ción substancialmente diferente sobre dichas partes y/o me-  
25 diante una diferencia en la formación y/o tratamiento de los  
recubrimientos de óxidos sobre dichas partes.

Los recubrimientos de óxido sobre dos partes co-  
rrespondientes de dos elementos de circuito diferentes so -  
bre el cuerpo pueden tener composiciones substancialmente  
30 diferentes del óxido. Sin embargo, también puede obtenerse

327508



una diferencia en las propiedades con composiciones substancialmente 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 substrato.

La diferencia en las propiedades de los recubrimientos 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, recubri-  
mientos que generalmente tienen la misma composición, pue-  
5 den ser eliminados de las dos partes y reemplazados por -  
recubrimientos de óxido de composiciones diferentes. Tam-  
bién 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 -  
10 mencionada. Una vez que han sido aplicados los dos recubri-  
mientos 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 dadores y aceptores substancialmente no pueden difundir  
15 se en el material semiconductor.

Si se forma un recubrimiento de óxido que com-  
prende 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  
20 otra, seguido por un post-tratamiento adecuado por ejemplo  
un tratamiento térmico a una temperatura a la cual los da-  
dores y aceptores substancialmente no pueden difundirse en  
el material semiconductor subyacente. Como alternativa, pre-  
feriblemente si están presentes recubrimientos de óxido -  
25 iguales sobre las dos partes, es posible aplicar una ca-  
pa adicional al recubrimiento de óxido disponible sobre una  
parte y no sobre la otra parte, por ejemplo ya sea una ca-  
pa de óxido de composición diferente o una capa de un mate-  
rial diferente, por ejemplo un metal. También en este caso  
30 debería seguir un post-tratamiento o tomarse medidas simila

327508



res 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 corto - circuito 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 indeseables. 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 óxido determinado puede obtenerse un cambio en las propiedades

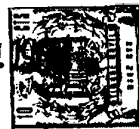


dades del mismo mediante un tratamiento térmico durante un cierto período de tiempo, a una temperatura determinada, se ha encontrado además que el uso de un gradiente de temperatura, en muchos casos, puede producir otra variación lo que permite obtener una determinada diferencia en las propiedades, por ejemplo, si los recubrimientos de óxido tienen composiciones diferentes. Por ejemplo, es posible dar al sustrato una temperatura más alta que la del lado superior del recubrimiento de óxido, mientras que el proceso inverso, en principio, puede producir igualmente una diferencia en las propiedades de los recubrimientos de óxido si sus composiciones son diferentes.

Otro método de post-tratamiento consiste en la acción de un vapor o gas de una composición determinada. Así, en ciertos casos, se ha encontrado que el vapor al calentar un recubrimiento de óxido puede producir una cierta variación en las propiedades del recubrimiento de óxido. Si los recubrimientos de óxidos sobre dos partes tienen composiciones diferentes también puede obtenerse de esta manera 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 superficie cubierta con el recubrimiento de óxido.

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

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 proporciones de los recubrimientos de óxido puede ser elegido mediante experimentos.

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 recubrimiento 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.

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.

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

327508



usando recubrimientos de óxidos de propiedades diferentes.

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

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

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

La figura 1 muestra parte de un cuerpo semiconductor 1 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 de 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.

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, respectivamente, que también cubren preferente mente las juntas con las regiones de tipo n adyacentes. Las regiones de tipo n 5, 6, 7 y 8 pueden ser de forma y



tamaño idénticos, mientras que la separación entre las regiones 5 y 6 también pueden ser iguales a aquella entre las regiones 7 y 8. Electrodo 13 y 14 en la forma de capas metálicas delgadas son aplicadas a los recubrimientos de óxido 11 y 12, respectivamente, y contactos óhmicos en la forma de capas metálicas delgadas 15, 16, 17 y 18 se forman 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 substancialmente conductora de electrones en la juntura entre el recubrimiento de óxido 12 y el material 10 de tipo p subyacente, mientras que tal zona no se forma, o es formada con una construcción mucho más pobre, en la juntura entre el recubrimiento de óxido 11 y el material 9 de tipo 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 semiconductor subyacente.

En el caso en consideración probablemente se forma una carga positiva en la juntura entre el recubrimiento 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 el óxido, la concentración de los portadores de carga de 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 zo-

327508



na delgada se ha vuelto substancialmente 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 en línea llena puede verse que, si la tensión de compuerta aumenta de 0 a valores positivos, la intensidad de corriente  $i_{dS}$  suman también substancialmente desde 0.

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 alejándolas 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 se vuelve 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.

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 campo 2, durante el aumento en la polarización, en este caso positiva, de la compuerta, aumenta la intensidad de corriente entre la fuente y el drenaje. Así están presentes dos transistores con efecto de campo en el mismo cuerpo semiconductor, que aunque son subg

327508



tancialmente idénticos con respecto a su construcción de material semiconductor, tienen aún propiedades eléctricas diferentes debido a la diferencia en las propiedades de sus recubrimientos de óxido. Para obtener tal diferencia en las propiedades no es 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 precedentemente transistores con efecto de campo del tipo npn, tales diferencias en propiedades pueden ser obtenidas también 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 funcionamiento, 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 la región de drenaje 6 del transistor con efecto de campo 2. Se elige un recubrimiento de óxido 19 que tiene propiedades tales que no se forma un canal conductor de electrones adyacentemente a la juntura con el material subyacente de conductividad p.

Consecuentemente debe darse al recubrimiento de óxido 19 una diferencia en propiedades en relación al recubrimiento de óxido 11 que en lo demás cubre el mismo material del tipo p del cuerpo 1.

La figura 3 muestra parte de un cuerpo semiconduc-



tor 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 tran -  
sistor 22 de tipo npn corriente y un transistor 23 con -  
5 efecto de campo de tipo npn, por ejemplo mediante procesos  
de difusión usando un enmascaramiento adecuado, durante el  
cual se han formado simultaneamente primero dos regiones -  
de tipo p 24 y 31 por difusión de un aceptor y luego tres  
regiones de tipo n 25, 32 y 33 han sido formadas simulta-  
10 neamente por difusión de un dador.

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 ohmi-  
15 co 26 en la forma de una capa metálica, y el material de -  
tipo n original como colector, provisto con un contacto co-  
lector 28 en la forma de una capa metálica.

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

El transistor con efecto de campo 23 comprende el  
substrato de tipo p 31 sobre el cual no se ha provisto nin-  
gún contacto, la región de fuente de tipo n 31 sobre el cual  
no se ha provisto ningún contacto, la región de fuente de -  
25 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 es-  
tá cubierta con un recubrimiento de óxido 36 sobre el cual  
se forma un electrodo de compuerta 37. El recubrimiento de  
30 óxido es tal que, sin polarización del electrodo de compuer-

327508



ta 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.

5 El recubrimiento de óxido 29 del transistor 22 difiere en propiedades del recubrimiento de óxido 30 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  
10 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  
15 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,  
20 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  
25 el tiristor por medio de las propiedades diferentes de los recubrimientos de óxido, por ejemplo, sobre las juntas 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.

30 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 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.

10 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.

15

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 de manera conocida usando óxido de aluminio finamente pulverizado y mordican- do 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 haciendo pasar oxígeno puro a través de agua de 30°C.

25

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.

327508



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, originado 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 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 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 mordicación, por ejemplo un fotoresist, siendo posible obtener el trazado que debe ser cubierto por medios fotográficos, después de lo cual tiene lugar una mordicación durante un período tan corto que la capa que contiene fósforo es localmente eliminada por mordicación, manteniéndose el recubrimiento de óxido subyacente que substancialmente no contiene fósforo o contiene solo muy poco fósforo, después 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. Propiedades de conducción de característica de tipo n pueden 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.

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.

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  $V_g = 0$ .

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

En el dispositivo semiconductor de la figura 3 el recubrimiento de óxido no mordicado puede ser usado como el recubrimiento de óxido 29 del transistor 22, y el recu -

327508



brimiento 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.

5 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.

10

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. Subsecuente-  
15 mente se forma un nuevo recubrimiento de óxido calentando la rebanada a 900°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,  
20 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 10 minutos. En el área en que se ha depositado monóxido de silicio sobre el recubrimiento de óxido, solamente puede encontrarse una  
25 conducción de tipo n baja, en la juntura 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 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 I. 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 no se encuentra substancialmente 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

327508



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 donores 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 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 junta 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 tal conducción n existe solamente en muy pequeño grado, o substancialmente no existe, en el área en que la superficie ha sido irradiada.

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

25 V.- También es posible, después del tratamiento de difusión descrito en el ejemplo I, usar un tratamiento térmico 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 de óxido sobre un material del substrato de construcción material idéntica, consiste en evaporar un metal (por ejemplo aluminio) sobre el recubrimiento de óxido obtenido después de la difusión de fósforo descrita en el Ejemplo I, 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 p 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 aparte 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 p 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

3275083 JUN 1963



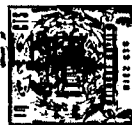
con metal. Esta acción de una capa metálica sobre el recubrimiento de óxido seguido por un tratamiento térmico ya es conocida y el efecto puede depender entre otros del metal elegido.

5 VIII.- Es posible proceder de la manera descripta 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  
10 recubrimientos metálicos locales diferentes, relativamente separados, es posible ahora volver diferentes las propiedades de los recubrimientos de óxido aplicando diferentes potenciales, posiblemente aún de polaridades diferentes, a dichos recubrimientos.  
15

IX.- El tratamiento descripto 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  
20 se 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.  
25

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 diferencial 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

327508



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 substrato 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.

La presente solicitud que corresponde a la presentada en Holanda, con fecha 5 de Junio de 1.965, bajo el nº 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.- Dispositivo semiconductor que tiene una pluralidad de elementos de circuito formados sobre el mismo cuerpo semiconductor, en que una parte de un elemento

327508



de circuito que aparece en la superficie, tiene una construcción material de tipo similar a la de una parte de otro elemento de circuito que aparece en la superficie, teniendo dichas partes propiedades eléctricas relativamente diferentes y estando cubiertas por recubrimientos de óxido, caracterizado porque las dos partes tienen una construcción material idéntica en cuanto al dopado del material semiconductor, pero han adquirido propiedades eléctricas relativamente diferentes por medios de las propiedades diferentes de sus recubrimientos de óxido.

2.- Dispositivo semiconductor de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque las geometrías espaciales de las dos partes son además congruentes.

3.- Dispositivo semiconductor de acuerdo con las reivindicaciones 1 ó 2, caracterizado porque los dos elementos de circuito son de tipo similar pero difieren en propiedades eléctricas debido a las diferentes propiedades de los recubrimientos de óxido sobre las partes correspondientes.

4.- Dispositivo semiconductor de acuerdo con la reivindicación 3, caracterizado porque los elementos de circuito de tipo similar son transistores con efecto de campo formados sobre el mismo material de substrato y provistos en la superficie con regiones de fuente y de drenaje de un tipo de conductividad opuesto al del material del substrato, estando cubierta la región del material de substrato ubicada entre las regiones de fuente y de drenaje con un recubrimiento de óxido que cubre también al menos las partes adyacentes de las juntas p-n, estando provisto un electrodo de compuerta sobre el recubrimiento de óxido, difiriendo

327508



do las propiedades del recubrimiento de un transistor con  
efecto de campo de las del otro en un grado tal que en un  
transistor con efecto de campo, con polarización cero del  
electrodo de compuerta, un canal conductor entre la región  
5 de fuente y de drenaje está presente en la juntura entre  
el recubrimiento de óxido y el material subyacente, mien-  
tras que tal canal está ausente o tiene una conducción mu-  
cho más pobre, en el otro transistor con efecto de campo.

5.- Dispositivo semiconductor de acuerdo con al  
10 menos una de las reivindicaciones precedentes, caracteri-  
zado porque los recubrimientos de óxido que tienen propie-  
dades diferentes, difieren entre sí substancialmente en -  
sus composiciones.

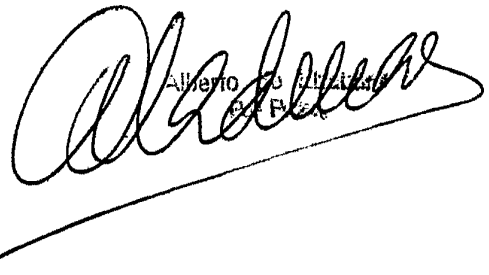
6.- Dispositivo semiconductor que tiene una plu-  
15 ralidad de elementos de circuito formados sobre el mismo -  
cuerpo semiconductor.

Tal y como se ha descrito en la Memoria que ante-  
cede, representado en el dibujo que se acompaña y para los  
fines que se han especificado.

20 La presente Memoria consta de treinta hojas, es-  
critas a máquina por una sola cara.

Madrid,

21 MAR 1967

  
Alvaro de Alvarado  
D. F. E. A.

327508

3 JUN



327508

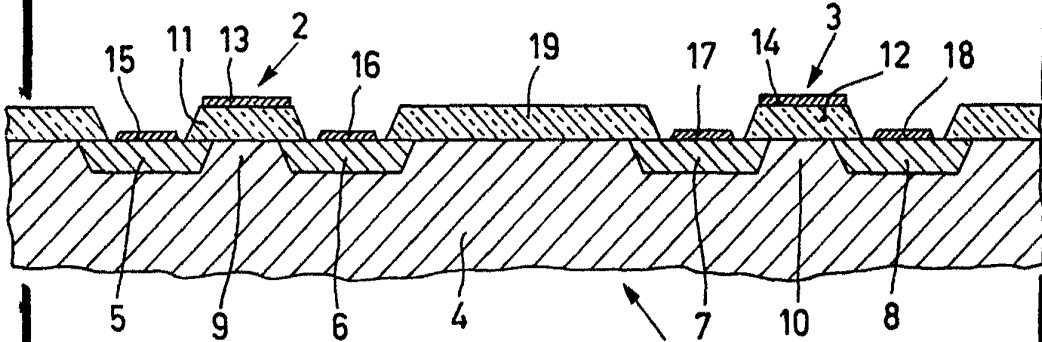


FIG. 1

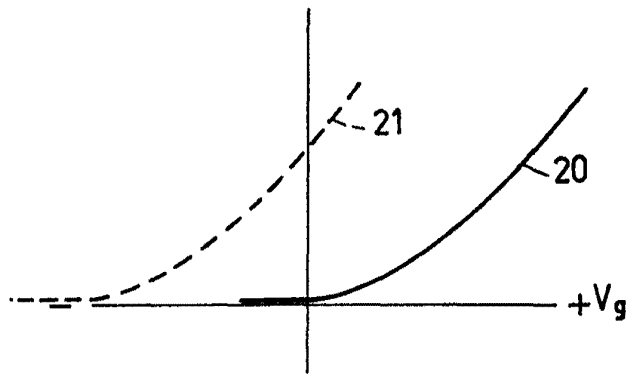


FIG. 2

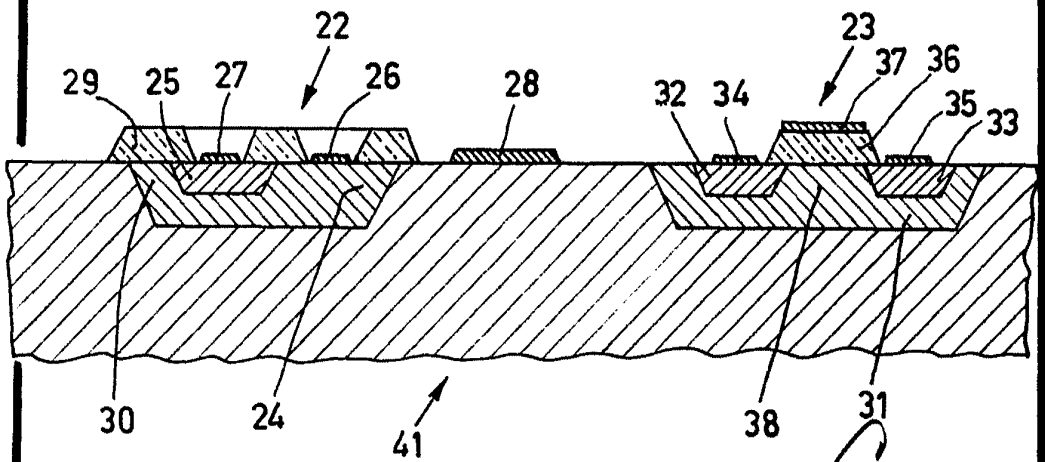


FIG. 3

Alberto de Ezzabun  
Por/Podan