

385637

21 ABR. 1974



Int. Cl.: H01L

385637

P.- 46.281

PHB 32012  
Spain  
VD/AL

MEMORIA DESCRIPTIVA

para solicitar PATENTE DE INVENCION por VEINTE años

A nombre de N.V. PHILIPS 'GLOEILAMPENFABRIEKEN

entidad holandesa

establecida en Emmasingel 29, Eindhoven, Holanda

por: "UN METODO DE FABRICAR UN DISPOSITIVO SEMI-  
CONDUCTOR"

(Clase Internacional H011)

27.3.74  
H.M.C.

- 1 -

385637

E-17



Este invento se refiere a métodos de fabricar un dispositivo semiconductor y, además, se refiere a dispositivos semiconductores fabricados utilizando tales métodos.

5           Es conocido el implantar iones de un elemento en un cuerpo semiconductor bombardeando directamente el cuerpo con haces de iones energéticos del elemento. Tales métodos de implantación se utilizan actualmente en la fabricación de dispositivos  
10 semiconductores para cambiar la conductividad y/o el tipo de conductividad de partes de la superficie del cuerpo semiconductor. Puede emplearse una fuente de iones de radiofrecuencia alimentada con compuestos gaseosos que comprenden dicho elemento. Un  
15 haz de iones acelerados obtenido desde una fuente de esta clase comprende otras especies de iones además de la especie de iones que se desea implantar, de modo que es necesario analizar magnéticamente el haz y seleccionar las especies de iones deseadas  
20 antes de que el haz de iones entre en una cámara de blanco para bombardear el cuerpo. Pueden experimentarse dificultades para obtener desde tal fuente de iones un haz iónico suficientemente puro y/o una corriente iónica suficientemente elevada para la im-  
25 plantación en el cuerpo de acuerdo con un método de

385637



esta clase conocido. Además, es necesario a menudo, por ejemplo cuando se implantan iones de impurificación en un cuerpo semiconductor, implantar dos especies de iones de impurificación en partes superficiales separadas del sólido. En este caso, pueden ser necesarios dos bombardeos de iones distintos y, posiblemente, dos fuentes de iones distintas.

De acuerdo con el invento, en un método de fabricar un dispositivo semiconductor, una capa prevista sobre una superficie de un cuerpo semiconductor es bombardeada con iones, con el fin de lograr, mediante transferencia de energía, que átomos de un elemento entren desde la capa hasta una parte superficial subyacente del cuerpo y sean implantados allí para cambiar de una forma deseable las características eléctricas asociadas con dicha parte de superficie, siendo tales la composición y el espesor del material en la superficie del cuerpo semiconductor, en la trayectoria de los iones que la bombardean, que la mayoría de los que bombardean la capa sean absorbidos sin entrar en el cuerpo semiconductor.

Tal procedimiento de implantación, en el que una capa es bombardeada con iones, con el fin de hacer mediante transferencia de energía, que áto-

385637



mos de un elemento entren desde la capa hasta una parte de una superficie subyacente, puede definirse mediante la expresión "implantación por choque". Se apreciará que, como consecuencia del bombardeo iónico, algunos de los átomos que entran en dicha parte superficial pueden ser átomos ionizados de dicho elemento.

La capa prevista sobre la superficie del cuerpo semiconductor puede ser una capa consistente sustancialmente sólo de dicho elemento, o una capa impurificada con una elevada concentración de dicho elemento, o una capa de una aleación o de un compuesto de dicho elemento.

Tal "implantación por choque" en la que, al menos, la mayoría de los iones que bombardean la capa son absorbidos sin entrar en el cuerpo semiconductor, proporciona un procedimiento para introducir átomos de un elemento en una parte superficial de un cuerpo semiconductor, que tiene algunas de las ventajas de la implantación iónica en comparación con la difusión térmica, tales como no necesitar tratamientos de calentamiento a temperatura elevada, y que ocurra una extensión lateral relativamente pequeña de los átomos implantados bajo el borde de una capa de enmascaramiento sobre la superficie

385637



E-1

del cuerpo semiconductor; sin embargo, comparado con la implantación iónica, el procedimiento permite un cierto relajamiento de las necesidades para los iones que bombardean, de modo que en muchos casos, el aparato requerido para el bombardeo puede ser más simple y más barato. Además, tales métodos han demostrado ser ventajosos para implantar, en una parte superficial de un cuerpo semiconductor, átomos de ciertos elementos de los que resulta difícil obtener haces de iones acelerados bien de una pureza suficientemente elevada o bien de una corriente iónica suficientemente alta para la implantación directa de acuerdo con el método conocido descrito en lo que antecede.

Se ha encontrado que, en general, la gama de los iones es más sensible a una masa de blanco de lo que lo es la eficacia de la transferencia de energía; por lo tanto, seleccionando de manera apropiada la composición y el espesor del material sobre la superficie del cuerpo semiconductor en la trayectoria de los iones que lo bombardean, es posible implantar, de una manera relativamente simple, átomos del elemento en la parte de superficie del cuerpo semiconductor sin implantar los iones que la bombardean. Así, sustancialmente todos los iones

385637



que bombardean la capa pueden ser absorbidos sin entrar en el cuerpo semiconductor.

Esta absorción de la mayoría o de sustancialmente todos los iones que bombardean la capa, es ventajosa en muchos casos. Así, por ejemplo, dichos iones que son absorbidos sin entrar en el cuerpo semiconductor no contribuyen a perjudicar la densidad en el cuerpo semiconductor provocada por la implantación. Además, la elección de las especies de los iones que bombardean, no está severamente restringida por el elemento particular a implantar (como lo está en el conocido método de implantación directa), ni por el efecto de los iones sobre las propiedades de la parte de superficie del cuerpo semiconductor. Puede seleccionarse una especie de iones de la que es posible obtener una corriente iónica suficientemente alta a partir de una fuente de iones relativamente simple y que tiene una masa que permite una transferencia de energía adecuada a los átomos del elemento.

Mediante una selección apropiada de la masa y de la energía cinética de los iones que bombardean, en relación con los átomos del elemento, es posible controlar la transferencia de energía desde un ión a un átomo del elemento, y así es posible

385637



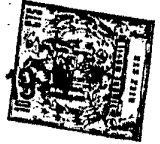
controlar la profundidad de implantación de los átomos del elemento en el cuerpo semiconductor. Tal selección de los iones de bombardeo puede basarse en simples experimentos y/o en simples cálculos, ya que  
5 las masas de los iones y de dichos átomos y, en muchos casos, la gama de los iones y de los átomos en materiales particulares son conocidas. Las masas relativas del ión y de los citados átomos se seleccionan para proporcionar una transferencia de energía  
10 adecuada desde unión a un átomo, y la energía del ión se selecciona de acuerdo con la profundidad de implantación deseada en el cuerpo semiconductor de los átomos del elemento.

El espesor de la capa se selecciona de  
15 acuerdo con la profundidad de implantación deseada de dichos átomos en el cuerpo semiconductor, y la gama de los iones de bombardeo y de dichos átomos en los distintos materiales presentes. En general, tales dimensiones son relativamente pequeñas, de  
20 modo que el espesor de la capa puede ser, como mucho de 0,1 micras, por ejemplo.

En una forma, la composición y el espesor de la capa son tales que, al menos, la mayoría de los iones que bombardean la capa sean absorbidos  
25 en ella y no entren en el cuerpo semiconductor. En

385637

1 M.C.



este caso, el espesor de la capa puede ser de al  
menos 0,05 micras, por ejemplo; la capa puede es-  
tar prevista sobre toda la superficie del cuerpo se-  
miconductor y enmascarar así toda la superficie con-  
5 tra la implantación de los iones de bombardeo. Si  
se desea implantar átomos del elemento selectivamen-  
te en la superficie del cuerpo semiconductor, la ca-  
pa que comprende el elemento puede estar prevista,  
selectivamente, sobre la superficie en una abertura  
10 en un diseño de capa de enmascaramiento relativamen-  
te gruesa prevista para enmascarar otras partes sub-  
yacentes de la superficie contra la implantación de  
los iones de bombardeo.

En otra forma, dicha capa está prevista  
15 sobre otra capa en la superficie del cuerpo semicon-  
ductor, y la composición y espesores de las dos ca-  
pas son tales que la mayoría de los iones que bom-  
bardean la capa son absorbidos sin entrar en el cuer-  
po semiconductor, mientras que átomos del elemento  
20 penetran desde la capa a través de la otra capa y  
entran en el cuerpo semiconductor.

Los iones pueden ser de un gas inerte, por  
ejemplo, argón o krypton, y obtenerse a partir de  
una descarga en gas. En este caso, la absorción, de  
25 al menos, la mayoría o sustancialmente todos los io-

385637



nes del bombardeo sin que entren en el cuerpo semi-  
conductor ha demostrado ser importante para evitar  
concentraciones grandes, por ejemplo, de neón, en  
el cuerpo semiconductor. Se ha encontrado que, por  
5 ejemplo, cuando se implantan dosis de iones de neón  
que exceden de  $10^{17}$  iones de neón por  $\text{cm}^2$  por implan-  
tación directa, se forma una zona amorfa en el cuer-  
po semiconductor, y la recristalización de esta zo-  
na es perturbada por la precipitación del neón im-  
10 plantado en forma de burbujas.

Puede emplearse otras especies de iones,  
por ejemplo iones de un elemento de impurificación  
que determina el tipo de conductividad.

Los iones de bombardeo pueden tener ener-  
15 gias en la gama de 10keV a 100keV.

Durante el bombardeo con elevadas dosis  
de iones, el espesor de la capa se reduce por pul-  
verización.

La capa puede retirarse de la superficie  
20 del cuerpo semiconductor después de la implantación  
de los átomos. En una forma alternativa, al menos  
una parte de la capa está presente en el dispositi-  
vo fabricado, por ejemplo la capa puede ser una ca-  
pa metálica, y al menos una parte de esta capa metá-  
25 lica, puede estar presente en el dispositivo fabri-

385637



5 cado como una parte de electrodo del dispositivo;  
la capa metálica puede ser de aluminio, elemento  
que se utiliza en la tecnología de semiconductores  
conocida para conexiones de electrodo, y es a la vez  
un elemento de impureza aceptadora en silicio y po-  
see una pobre capacidad de pulverización. La parte  
de electrodo puede formar un contacto óhmico o un  
contacto rectificador con la superficie del cuerpo  
semiconductor.

10 El dispositivo semiconductor puede compren-  
der un diodo de barrera de Schottky, la capa puede  
ser un electrodo de capa metálica que forme una unión  
de tipo Schottky con la superficie del cuerpo semi-  
conductor, y los átomos que entran desde la capa me-  
15 tálica en la superficie del cuerpo semiconductor  
forman en la superficie un contacto rectificador  
íntimo entre el electrodo de capa metálica y el cuer-  
po semiconductor.

20 Los diodos de barrera de Schottky exhiben  
tiempos de recuperación inversos muy cortos en com-  
paración con los diodos de unión  $p-n$  debido a que  
el almacenamiento de portadores minoritarios en la  
unión metal-semiconductor es muy pequeño; en conse-  
cuencia, tales diodos son deseables en muchas apli-  
25 caciones industriales para operaciones a alta velo-



385637



los átomos del elemento de impurificación que determina el tipo de conductividad dentro de la parte de superficie del cuerpo semiconductor. Así, el elemento puede ser un elemento impurificador característico de un tipo de conductividad del material del cuerpo semiconductor, e implantarse para formar una región semiconductor del mismo tipo de conductividad en el cuerpo semiconductor. Puede formarse en la superficie de cuerpo semiconductor una elevada concentración del elemento de impurificación característica de dicho tipo de conductividad.

Hacia el final de la gama de los átomos del elemento de impurificación del cuerpo semiconductor, un átomo puede sufrir varias colisiones fuertemente dispersantes que producen defectos de Frenkel y que llevan a reposo al átomo, usualmente, en una posición intersticial. Para restablecer la forma cristalina del semiconductor y para mover los átomos del elemento de impurificación a posiciones de sustitución, se requiere un tratamiento de revenido. Los estudios indican que los defectos cristalinos pueden anularse casi completamente a una temperatura moderada por debajo de la temperatura de difusión típica, por ejemplo, a aproximadamente 600°C en el silicio. El tratamiento de recalentamiento

385637



puede llevarse a cabo después del bombardeo con los iones que hace que los átomos del elemento de impurificación entren en la superficie del cuerpo semiconductor, y/o el cuerpo puede calentarse durante el bombardeo iónico, en cuyo caso parece ser que la gama de los iones y de los átomos de la capa y del cuerpo semiconductor es modificada por la temperatura. Se comprenderá que la expresión "un método de fabricar un dispositivo semiconductor en el que átomos de un elemento son implantados en una parte de la superficie de un cuerpo semiconductor para cambiar las características eléctricas asociadas con la parte de superficie" incluye un tratamiento de revenido cuando es necesario. Además, se apreciará que la extensión final de las regiones y la posición final de las uniones formadas en el cuerpo semiconductor mediante la implantación, pueden determinarse en ciertos casos solo durante tal tratamiento de revenido.

Los átomos del elemento de impurificación del primer tipo de conductividad pueden entrar en una parte del cuerpo semiconductor del mismo tipo de conductividad. Tal implantación aumenta la concentración de impurezas superficiales del primer tipo de conductividad y, por tanto, la conductividad

385637

-1 Rev. 3741



de la parte del cuerpo semiconductor. Así, en una forma, cuando la capa es una capa metálica, al menos parte de la cual forma una zona de electrodo del dispositivo, puede realizarse un buen contacto óhmico  
5 entre esta región de electrodo y la parte del cuerpo semiconductor del primer tipo de conductividad. En otra forma, el dispositivo semiconductor es un fotocátodo semiconductor, y los átomos implantados del elemento de impurificación aumentan la concentración de impurezas del aceptador de una región superficial somera de la parte de cuerpo semiconductor para permitir la mejora de la fotoemisión desde ella.  
10

Los átomos del elemento de impurificación del primer tipo de conductividad pueden entrar en una parte de cuerpo semiconductor del tipo de conductividad opuesto para formar con ella una unión p-n.  
15

El dispositivo semiconductor puede ser un dispositivo para detectar y/o medir una radiación, la capa puede estar prevista sobre toda una superficie principal del cuerpo semiconductor del tipo de conductividad opuesto y puede bombardearse con los iones para hacer que átomos del elemento de impurificación entren en toda la superficie mayor y formen  
20  
25

385637



en el cuerpo semiconductor una región somera adyacente a la superficie del primer tipo de conductividad, que forma con la parte de cuerpo semiconductor adyacente del tipo de conductividad opuesto una unión p-n sensible a la radiación.

Puede preverse, selectivamente, un diseño de capa de enmascaramiento sobre la superficie de cuerpo semiconductor y, dicha capa puede estar prevista sobre el diseño de capa de enmascaramiento y sobre al menos una parte no enmascarada de la superficie de cuerpo semiconductor, siendo tales de composición y el espesor del diseño de capa de enmascaramiento que, cuando los iones son dirigidos a toda la superficie del cuerpo semiconductor citada, átomos de la capa que entran en el diseño de capa de enmascaramiento no penetran en la superficie del cuerpo semiconductor, de modo que la implantación es selectiva en la superficie del cuerpo semiconductor.

En una forma, el diseño de capa de enmascaramiento es de material aislante, por ejemplo, sílice, y al menos parte del diseño está presente en el dispositivo fabricado como una capa aislante y/o de pasivación sobre la superficie del cuerpo semiconductor. En este caso, cuando el elemento es un

385637



elemento de impurificación del primer tipo de conductividad, el dispositivo semiconductor puede comprender un diodo de unión p-n, y los átomos del elemento de impurificación implantados selectivamente  
5 en la superficie del cuerpo semiconductor forman una región adyacente a la superficie del primer tipo de conductividad, que forma con la parte de cuerpo semiconductor adyacente del tipo de conductividad opuesto una unión p-n, que termina en dicha superficie del cuerpo semiconductor, bajo el diseño  
10 de capa de enmascaramiento de sílice.

En otra forma, el diseño de la capa de enmascaramiento es de metal, y al menos parte del diseño está presente en el dispositivo fabricado como  
15 una región de electrodo del dispositivo. La región de electrodo puede hacer contacto con la superficie del cuerpo semiconductor, o puede estar separado de ella, por ejemplo, por una capa aislante relativamente delgada.

20 Cuando el elemento es un elemento de impurificación del primer tipo de conductividad, cuyos átomos entran en una parte del cuerpo semiconductor del tipo de conductividad opuesto, el dispositivo semiconductor puede comprender un transistor  
25 de efecto de campo de electrodo de mando aislado,

385637



el diseño de capa de enmascaramiento metálica, comprender un electrodo de mando metálico previsto en una capa aislante relativamente delgada de la superficie del cuerpo semiconductor, los átomos del elemento de impurificación del primer tipo de conductividad implantados selectivamente en la superficie de cuerpo semiconductor, formar regiones de entrada y de salida del primer tipo de conductividad junto a la superficie, y la parte de la superficie del cuerpo semiconductor enmascarada contra la implantación por el electrodo de mando metálico, constituir la región de canal del transistor de efecto de campo de puerta aislada.

Así, los extremos adyacentes de las regiones de entrada y de salida y el lugar entre ellos de la región de canal portadora de corriente pueden alinearse o registrarse con el electrodo de mando metálico utilizando dicho método de implantación. Un transistor de efecto de campo de electrodo de mando aislado fabricado de tal forma puede tener una capacitancia de electrodo de mando a salida muy baja debido a que el solapado del electrodo de mando con el electrodo de salida es pequeña comparada con una estructura de transistor de efecto de campo de electrodo de mando aislado en la que las re-

385637

E-1 LOR.



giones de entrada y de salida están formadas única-  
mente por técnicas de difusión. Además, por este  
método pueden obtenerse regiones de canal de dimen-  
siones controladas de manera precisa y de pequeña  
5 longitud. Puede preverse selectivamente en la super-  
ficie de cuerpo semiconductor otro diseño de capa  
de enmascaramiento aislante y relativamente grueso  
antes de formar sobre ella dicha capa que comprende  
de el elemento de impurificación y, durante el bom-  
bardeo iónico, este diseño adicional de capa de en-  
10 mascaramiento la protege contra la implantación del  
elemento de impurificación para definir la perife-  
ria exterior alejada del canal, de ambas regiones  
de entrada y de salida. El diseño de capa de enmas-  
caramiento metálica puede comprender además electro-  
15 dos metálicos de entrada y de salida previstos en  
la superficie del cuerpo semiconductor sobre regio-  
nes de contacto de entrada y de salida semiconducto-  
ras previamente formadas, muy conductivas, del cuer-  
20 po semiconductor.

Cuando dicho elemento es un elemento de  
impurificación característico de un tipo de conduc-  
tividad del material del cuerpo semiconductor, pue-  
de formarse sobre la superficie del cuerpo semicon-  
25 ductor otra capa que comprenda un elemento de impu-

385637



rificación característico del tipo de conductividad opuesto, y bombardearse simultáneamente las dos capas con iones que, por transferencia de energía, hacen que átomos de los dos elementos de impurificación entren en la superficie del cuerpo semiconductor para cambiar en una forma deseable la conductividad y/o el tipo de conductividad asociado con partes superficiales del cuerpo semiconductor. En este caso, la capa que comprende el elemento de impurificación característico del primer tipo de conductividad puede estar prevista sobre dicha otra capa en una parte del cuerpo semiconductor del tipo de conductividad opuesto. El dispositivo semiconductor puede comprender un transistor bipolar que tiene una región de emisor de dicho tipo de conductividad opuesto y una región de base del primer tipo de conductividad, en cuyo método durante el bombardeo iónico, átomos del elemento de impurificación característico del primer tipo de conductividad entran en el cuerpo semiconductor desde una capa para formar una región del primer tipo de conductividad asociada con la región de base del transistor, y átomos más pesados del elemento de impurificación característico del tipo de conductividad opuesto entran en el cuerpo semiconductor a un nivel más

385637



somero desde la otra capa para formar una región del tipo de conductividad opuesto asociada con el emisor del transistor.

Tal dispositivo semiconductor puede ser  
5 un transistor bipolar separado; en una forma alternativa el dispositivo semiconductor es un circuito integrado que comprende el transistor bipolar y al menos otro elemento de circuito, y los átomos de los dos elementos de impurificación son implanta-  
10 dos selectivamente en la superficie del cuerpo semiconductor para formar simultáneamente regiones semiconductoras del transistor bipolar y el otro u otros elementos del circuito.

Las dos capas pueden estar previstas sobre  
15 bre toda la superficie citada del cuerpo semiconductor y ser exploradas por un haz de iones de energía modulada, siendo tal la modulación de energía que son implantados selectivamente en la superficie del cuerpo semiconductor átomos de los dos elementos de  
20 impurificación para formar regiones semiconductoras de configuración deseada del dispositivo semiconductor. De esta forma, como las dos capas tienen distintas secciones transversales de colisión, pueden fabricarse en la superficie del cuerpo semiconductor  
25 tor diodos, resistencias, condensadores, transistores

385637



de efecto de campo y bipolares, modulando la energía del haz de iones.

El dispositivo semiconductor puede ser un circuito integrado y la citada superficie del cuerpo semiconductor puede ser una superficie mayor de una parte de capa semiconductor, al menos, principalmente del tipo de conductividad opuesto situada en un sustrato semiconductor del primer tipo de conductividad. La parte de capa puede ser una capa epitaxial delgada sobre el sustrato semiconductor. Los elementos del circuito integrado pueden estar aislados mutuamente disponiéndolos en partes de isla de la capa que están separadas mutuamente por una región de aislamiento del tipo de conductividad opuesto que se extiende desde la superficie del cuerpo semiconductor dentro de la capa. La región de aislamiento puede penetrar en la capa hasta la misma profundidad que la región de base. En este caso, el aislamiento está previsto durante el funcionamiento del circuito polarizando inversamente la unión p-n entre la región aislante y la capa de modo que la capa de empobrecimiento formada ocupe el espesor restante de la capa entre la región de aislamiento y la intercara del sustrato. En otra forma, la región de aislamiento se extiende a todo el espesor



# 385637

de la capa y puede estar prevista en ésta antes de la implantación de los elementos de impurificación.

El dispositivo semiconductor puede ser un circuito integrado alguno de cuyos elementos están  
5 aislados mutuamente por canales de aislamiento formados subsiguientemente en el cuerpo semiconductor. Los canales de aislamiento pueden comprender un material dieléctrico aislante, al menos junto a los  
10 elementos de circuito, o los canales pueden ser canales de aislamiento por aire. En una forma de este último caso, los elementos de circuito pueden estar separados totalmente por aislamiento de aire y estar retenidos entre sí solo mediante interconexiones eléctricas de capa metálica, en la forma de un  
15 circuito denominado "circuito integrado de conductores en haz". En otra forma, los canales de aislamiento de aire pueden separar partes de islas semiconductoras que comprenden regiones de elemento de  
20 del tipo de conductividad opuesto, o en un soporte aislante.

El cuerpo semiconductor puede ser de silicio, de germanio, de un material semiconductor compuesto  $A_{III} - B_V$ , o incluso de un material semiconductor compuesto  $A_{II} - B_{VI}$ .  
25

385637



Será evidente que en la fabricación de dispositivos semiconductores, puede emplearse la implantación por choque junto con muchas técnicas conocidas sobre semiconductores, por ejemplo la im-  
5 plantación iónica, el crecimiento epitaxial y la difusión térmica, y que dicha capa que comprende dicho elemento no es necesario que sea una capa que comprenda el elemento, por ejemplo, una capa de oro, de antimonio o de aluminio, sino que puede  
10 ser una capa que tenga una elevada concentración del elemento, por ejemplo, una capa de sílice impurificada con boro.

A continuación se describirán realizaciones del invento, a modo de ejemplo, con referencia  
15 a los dibujos diagramáticos adjuntos, en los que:

Las figs. 1 a 3 son vistas en sección transversal de un cuerpo semiconductor de un diodo de unión p-n en distintas etapas de su fabricación;

La fig. 4 es una vista en sección trans-  
20 versal de un cuerpo semiconductor de un diodo de barrera de Schottky en una etapa de su fabricación;

Las figs. 5 a 10 son vistas en sección transversal de un cuerpo semiconductor de un transis-  
25 tor de efecto de campo de puerta aislada en distintas etapas de su fabricación;

385637



Las figs. 11 a 13 son vistas en sección transversal de un cuerpo semiconductor de un circuito integrado en distintas etapas de su fabricación; y

5 las figs. 14 y 15 son vistas en sección transversal de un cuerpo semiconductor de fotocátodo en distintas etapas de su fabricación.

En los métodos de fabricar un dispositivo semiconductor que se describirán a continuación con referencia a los dibujos anejos, una capa provista sobre una superficie de un cuerpo semiconductor es bombardeada con iones para hacer, por transferencia de energía, que átomos de un elemento de la capa entren en una parte de superficie del cuerpo subyacente y sean implantados en ella para cambiar en una forma deseable las características eléctricas asociadas con dicha parte superficial, siendo tales la composición y el espesor del material en la superficie del cuerpo semiconductor, en la trayectoria de los iones que la bombardean, que al menos la mayoría de los iones que bombardean la capa sean absorbidos sin entrar en el cuerpo semiconductor.

Se fabrica un gran número de dispositivos semiconductores a partir de una pastilla semi-

385637



conductora común formando un grupo de elementos de dispositivo simultáneamente sobre la pastilla y dividiendo subsiguientemente esta para formar cuerpos semiconductores individuales para cada dispositivo semiconductor individual. Los dibujos asociados con cada realización muestran, en vista en sección transversal, sólo una parte de la pastilla semiconductor, usualmente la parte que forma el cuerpo semiconductor de un dispositivo semiconductor, y las distintas etapas de su fabricación se describirán en relación con el cuerpo semiconductor de un dispositivo semiconductor en lugar de toda la pastilla. Será evidente que cuando se haga referencia a operaciones tales como técnicas fotolitográficas y de ataque químico, implantación selectiva de átomos y revenido, estas operaciones se efectúan bien simultáneamente en una pluralidad de lugares sobre la pastilla o bien sobre toda la pastilla, de modo que se formen una pluralidad de elementos de dispositivo individuales que son separados dividiendo la pastilla en una etapa posterior de la fabricación.

Ejemplo 1

En la fabricación de un diodo de unión p-n, cuyas etapas se ilustran en las figs. 1 a 3, el material de partida es un cuerpo 1 de silicio

385637



de tipo n que forma parte de una pastilla de silicio monocristalino de tipo n. Las superficies mayores opuestas de la pastilla y del cuerpo de silicio 1 son paralelas a planos de cristal de silicio <111>. La resistividad del cuerpo de silicio 1, al menos junto a una superficie 2 del cuerpo de silicio <111> es de 15 ohmios-cm.

Una capa de sílice que tiene un espesor de 3.000 Å (0,3 micras) es hecha crecer sobre la superficie 2 del cuerpo de silicio <111> manteniendo el cuerpo a 1.100°C en una corriente de oxígeno húmedo durante aproximadamente 20 minutos. Mediante una operación de fotolitografía y de ataque químico se hace una abertura cuadrada de 200 micras de ancho en la capa de sílice para exponer una parte 4 de la superficie 2 del cuerpo de silicio. De esta forma, se provee un diseño de capa de enmascaramiento de sílice relativamente gruesa 3, selectivamente, sobre la superficie 2 del cuerpo de silicio. En otra forma, se provee un diseño 3 de capa de enmascaramiento de sílice, relativamente gruesa, selectivamente, en la superficie 2 del cuerpo de silicio protegiendo selectivamente la superficie 2 contra oxidación con, por ejemplo, una capa de enmascaramiento relativamente gruesa de nitruro de silicio.

385637



cio, que se elimina subsiguientemente.

El cuerpo de silicio 1 con el diseño 3 de  
capa de enmascaramiento de sílice es transferido a  
un aparato de evaporación al vacío y se deposita  
5 aluminio para formar, sobre el diseño 3 de capa de  
enmascaramiento de sílice y sobre la parte 4 no en-  
mascarada de la superficie 2 del cuerpo de silicio,  
una capa de aluminio 5 que tiene un espesor de  $750 \text{ \AA}$   
(0,075 micras). La periferia exterior de la capa de  
10 aluminio 5 se define sobre el diseño 3 de capa de  
enmascaramiento de sílice, mediante ataque químico.

El cuerpo de silicio 1 con el diseño 3 de  
capa de enmascaramiento de sílice y la capa de alu-  
minio 5, es transferido a la cámara de blanco de un  
15 aparato de bombardeo iónico, y se bombardea la ca-  
pa de aluminio 5 con iones como se indica por las  
flechas en la fig. 2.

La fuente de iones es una descarga en gas  
argón, relativamente simple que permite obtener un  
20 haz de iones de argón acelerados de pureza relati-  
vamente alta y de una elevada corriente iónica. De-  
ben tomarse precauciones para hacer mínima la can-  
tidad de gases orgánicos de fondo procedentes de las  
bombas disponiendo trampas para las líneas de retor-  
25 no, y utilizando bombas de difusión de nitrógeno

385637



líquido ocluido para el tubo de deriva del acelerador.

De esta manera, se bombardea la capa de aluminio 5 con un haz de iones de argón que tiene una masa iónica de 40 u.m.a (unidades de masa atómica), una dosis iónica de  $2 \times 10^{16}$  iones/cm<sup>2</sup> y una energía iónica de 60keV. Los iones de argón que bombardean hacen, por transferencia de energía, que átomos de aluminio entren en el diseño 3 de capa de enmascaramiento de sílice y en la parte no enmascarada 4 de la superficie 2 del cuerpo de silicio. La composición y el espesor del diseño 3 de capa de enmascaramiento de sílice son tales que, cuando los iones son dirigidos a toda la superficie 2 citada del cuerpo de silicio, los átomos de aluminio que entran en el diseño 3 de capa de enmascaramiento no entran en la superficie 2 del cuerpo de silicio. De esta forma, se implanta el aluminio selectivamente en la superficie 2 del cuerpo de silicio.

La gama media de iones de argón a 60 keV en el aluminio es de aproximadamente 525 Å, y sustancialmente todos los iones de argón que bombardean la capa de aluminio 5 son absorbidos en la capa 5 y no entran en la superficie 2 del cuerpo de silicio. Aproximadamente el 96% de la energía de



385637

los iones de argón es transferida a los átomos de aluminio para un choque frontal, y la gama resultante de los átomos de aluminio en el silicio o en el aluminio es de aproximadamente 900 Å. En consecuencia, los átomos de aluminio penetran a un nivel moderado dentro del cuerpo de silicio 1.

Como el aluminio es un elemento de impureza aceptadora en el silicio, los átomos de aluminio implantados selectivamente en la superficie 2 del cuerpo de silicio de tipo n, forman en el cuerpo 1 una región de tipo p junto a la superficie, que forma una unión p-n con la parte del cuerpo de silicio adyacente de conductividad de tipo n. Como se ha dicho en lo que antecede, en algunos casos es necesario un tratamiento de recalentamiento para devolver la forma cristalina semiconductor y para mover los átomos del elemento de impurificación desde las posiciones intersticiales a posiciones de sustitución en la retícula cristalina. En la fig. 2, la extensión de la región asociada con los átomos de aluminio implantados y la unión formada con la parte adyacente del cuerpo de silicio se muestran en línea interrumpida, ya que la extensión final de la región y la posición final de la unión se determinan durante dicho tratamiento de revenido.

385637



El tratamiento de revenido, en este caso, se lleva a cabo a una temperatura baja, para evitar la formación de un eutéctico aluminio-silicio que ocurre a temperaturas por encima de aproximadamente 550°C. Se realiza un tratamiento de revenido a baja temperatura a 500°C durante 30 min. en una atmósfera de nitrógeno. De este modo, se forma una región de ánodo 6 de tipo p de elevada conductividad, asociada con los átomos de aluminio implantados y que tiene una profundidad de aproximadamente 0,015 micras. La unión p-n 7 entre la región 6 de tipo p y la parte del cuerpo de silicio de tipo n adyacente termina en la superficie 2 del cuerpo de silicio, bajo el diseño 3 de capa de enmascaramiento de sílice.

La capa de aluminio 5 situada sobre el diseño 3 de capa de enmascaramiento de sílice y la parte expuesta 4 de la superficie 2 del cuerpo de silicio hacen un buen contacto óhmico para la región 6 de tipo p y se mantiene como electrodo de ánodo. Se hace un contacto de cátodo con la parte del cuerpo de silicio adyacente de tipo n. La pastilla de silicio se divide en cuerpos semiconductores individuales para cada diodo de unión p-n (véase fig. 3). En el dispositivo fabricado, está presente el

385637



diseño 3 de capa de enmascaramiento de sílice como capa aislante para aislar parte del electrodo de ánodo 5 de la parte del cuerpo de silicio de tipo n y como capa de pasivación sobre la superficie 2 en la que termina la unión p-n 7.

Se han fabricado diodos de unión p-n con una tensión de perforación de 15 voltios, empleando un método similar al ya descrito en este Ejemplo.

10 Ejemplo 2

En la fabricación de un diodo de barrera de Schottky, se forma un diseño de capa de sílice que tiene un espesor de aproximadamente 0,5 micras sobre una superficie del cuerpo de silicio. El diseño de capa de sílice tiene una abertura que deja al descubierto una parte de la superficie del cuerpo de silicio de conductividad de tipo n. Un electrodo de capa de oro que tiene un espesor de aproximadamente  $500 \text{ \AA}$  (0,05 micras) se forma depositando selectivamente oro sobre la parte expuesta de la superficie del cuerpo de silicio y sobre partes adyacentes del diseño de capa de sílice. El electrodo de capa de oro forma, con la parte expuesta de la superficie del cuerpo de silicio de tipo n una unión de tipo de Schottky. Sin embargo, una pelícu-

385637



la contaminante de material extraño, por ejemplo especies adsorbidas y productos de reacción superficiales, está presente frecuentemente sobre la superficie del cuerpo de silicio, e impide el contacto íntimo entre el electrodo de capa de oro y la superficie del cuerpo de silicio.

La fig. 4 ilustra otra etapa de la fabricación del diodo de barrera Schottky en la que, según se indica por las flechas, se dirigen iones a la superficie 12 del cuerpo de silicio para bombardear el electrodo 15 de capa de oro. Se emplean iones de un gas inerte más pesado, por ejemplo xenón, obtenidos, desde una descarga en gas xenón. Los iones de xenón que bombardean hacen, por transferencia de energía, que átomos de oro atraviesen la película contaminante y entren en la parte 14 de la superficie 12 del cuerpo de silicio, no cubierta por el diseño 13 de capa de sílice. La energía de los iones de xenón que bombardean es tal que los átomos de oro que entran en la superficie 12 del cuerpo de silicio forman en la superficie un contacto rectificador íntimo entre el electrodo de capa de oro 15 y el cuerpo de silicio de tipo n, y no penetran profundamente para formar una región en el cuerpo. La composición y el espesor del electrodo



385637

15 de capa de oro son tales que los iones de xenón que bombardean la capa de oro son absorbidos y no entran en la superficie 12 del cuerpo de silicio. Los iones que bombardean partes del diseño 13 de  
 5 capa de sílice no cubiertas por el electrodo de capa de oro 15, son absorbidos en el diseño 13 de capa de sílice. No es necesario tratamiento de revenido a temperatura elevada.

Ejemplo 3

10 En la fabricación de un transistor de efecto de campo de electrodo de mando aislado, cuyas etapas se ilustran en las figs. 5 a 10, se hace crecer una capa de sílice que tiene un espesor de aproximadamente 1 micra en una superficie 22 de un cuerpo de silicio 21 de tipo n. Mediante técnicas fotolitográficas y de ataque químico se realizan dos aberturas 20 en la capa de sílice para exponer partes de la superficie del cuerpo de silicio, donde han de disponerse las regiones de contacto muy conductoras de entrada y de salida, según se ve en la fig.  
 20 5.

Mediante difusión de boro en las partes de la superficie del cuerpo de silicio expuestas, se forman regiones de contacto  $p^+$  de entrada y de  
 25 salida difundidas, muy conductoras; durante esta

385637



difusión, la sílice crece de nuevo hasta formar una capa delgada en las aberturas 20, y crece el grosor de la capa de sílice 23'. La estructura resultante se muestra en la fig. 6.

5                    Mediante técnicas fotolitográficas y de ataque químico se realiza en la capa de sílice 23' una abertura que tiene una anchura de 40 micras, para exponer una parte de la superficie 22 del cuerpo de silicio, que incluye las regiones de contacto p<sup>+</sup>. De esta manera, se dispone un diseño 23 de capa de enmascaramiento de sílice relativamente grueso sobre la superficie 22 del cuerpo de silicio.

15                    Se hace crecer una capa de sílice de menos de 1,000 Å de grueso sobre la parte expuesta de la superficie 22 del cuerpo de silicio manteniendo el cuerpo 21 a 1.000°C en una corriente de oxígeno húmedo. El espesor del diseño 23 de capa de enmascaramiento de sílice relativamente grueso, es aumentado durante esta operación.

20                    Mediante técnicas fotolitográficas y de ataque químico, se forman entonces unas aberturas que tienen una anchura de aproximadamente 5 micras en la capa de sílice más delgada para dejar al descubierto partes 25 y 26 de la superficie 22 del cuerpo de silicio, donde los electrodos de entrada y de

25

385637



salida harán contacto con las regiones de contacto  $p^+$  de entrada y de salida del transistor. De este modo se forma un diseño 24 de capa de sílice relativamente delgado (véase fig. 7).

5                    Se deposita níquel selectivamente sobre el diseño 24 de capa de sílice relativamente delgada, entre las regiones de contacto  $p^+$  de entrada y de salida para formar un electrodo de mando 27 metálico, relativamente denso del transistor de efec-  
10 to de campo de electrodo de mando aislado y, sobre las partes expuestas 25 y 26 de las regiones de contacto  $p^+$  de entrada y de salida para formar los electrodo 27' de entrada y de salida del transistor. El electrodo metálico de mando 27 tiene una anchura de  
15 5 micras, y como será evidente en lo que sigue, esta anchura determina la longitud del canal portador de corriente del transistor. La estructura resultante se muestra en la fig. 8.

                    Se deposita aluminio sobre los diseños  
20 23 y 24 de capa de sílice, sobre los electrodos de níquel 27 y 27' para formar una capa de aluminio 28 que tiene un espesor de  $600 \text{ \AA}$  (0,06 micras). El límite exterior de la capa de aluminio 28 se define sobre el diseño 23 de capa de enmascaramiento de  
25 sílice relativamente gruesa, por técnicas fotolito-



385637



gráficas y de ataque químico.

Como se indica por las flechas en la fig. 9, los iones son dirigidos a la superficie 22 del cuerpo de silicio para bombardear la capa de aluminio 28. Se emplea un haz de iones de kriptón de 160 keV. Los iones de kriptón que bombardean transfieren su energía cinética a los átomos de aluminio que, en consecuencia, entran en los diseños 23 y 24 de capa de sílice, el electrodo de mando 27 de níquel y los electrodos de níquel de entrada y de salida 27'.

Los átomos de aluminio que entran en los electrodos de níquel 27 y 27' relativamente densos y en el diseño 23 de capa de sílice, son absorbidos en ellos y no entran en la superficie 22 del cuerpo de silicio. Los átomos de aluminio que entran en el diseño 24 de capa de sílice relativamente delgada atraviesan el diseño 24 de capa y entran en la superficie 22 del cuerpo de silicio. En consecuencia, los átomos de aluminio son implantados selectivamente en la superficie 22 del cuerpo de silicio como se indica por la línea interrumpida en la fig. 9. Durante el bombardeo iónico, el cuerpo 21 se calienta a 450°C para llevar a cabo un tratamiento de revenido a temperatura moderada.

385637



Los iones de krypton que bombardean la capa de aluminio 28 son absorbidos sin entrar en el cuerpo de silicio; esta absorción ocurre en el material en la superficie 22 del cuerpo de silicio dentro de la trayectoria de los iones que bombardean, a saber la combinación de la capa de aluminio 28 con los diseños 23 y 24 de capa de sílice o con los electrodos de níquel 27 y 27'.

Los átomos de aluminio implantados selectivamente en la superficie 22 del cuerpo de silicio de tipo n extienden lateralmente las regiones de contacto difundidas  $p^+$  para formar regiones 29 y 30 de entrada y de salida, de tipo p junto a la superficie 22, y la parte de la superficie 22 enmascarada contra la implantación por el electrodo de mando 27 de níquel, forma la región de canal 31 portadora de corriente del transistor de efecto de campo de electrodo de mando aislado. En consecuencia, los extremos adyacentes de las regiones 29 y 30 de entrada y de salida y el espacio entre ellas de la región de canal 31 son alineados automáticamente con el electrodo de mando 27 de níquel, con una superposición muy ligera, de modo que la anchura del electrodo de mando 27 determina la longitud de la región de canal 31 entre las regiones 29 y 30 de

385637



5 entrada y de salida. La periferia exterior alejada de la región de canal 31, de ambas regiones, de entrada y de salida, está definida por el efecto de enmascaramiento del diseño 23 de capa de enmascaramiento de sílice relativamente gruesa.

Al seleccionar el espesor del electrodo 27 de mando de níquel, ha de considerarse el efecto sobre las características del dispositivo fabricado de degradación de las propiedades de la parte  
10 de la capa de sílice 24 que se encuentra directamente bajo el electrodo de mando 27; tal degradación puede ser el resultado de la implantación en él, de átomos de aluminio por choque. Así, los electrodos de níquel 27 y 27' tienen un espesor suficientemen-  
15 te grande para reducir esta degradación a un valor aceptable.

El espesor de la capa de sílice 24 se elige para dar unas características de mando aceptables al dispositivo, para permitir la penetración de los  
20 átomos de aluminio por choque con el fin de proporcionar una concentración aceptable en las partes extendidas de las regiones de entrada y de salida 29 y 30, y para absorber en combinación con la capa de aluminio 28, al menos la mayor parte de los iones  
25 de krypton que la bombardean.

385637



A través de los electrodos de níquel 27' en las aberturas del diseño 24 de capa de sílice, la capa de aluminio 28 hace contacto con las regiones 29 y 30 de entrada y de salida en las partes 25 y 26 de la superficie 22 del cuerpo de silicio. Como resultado de la entrada de átomos de aluminio en los electrodos de níquel 27' desde la capa de aluminio 28 durante el bombardeo iónico, se forma un contacto íntimo entre la capa de aluminio 28 y los electrodos de níquel 27'.

Al menos una parte central de la capa de aluminio 28 es eliminada por técnicas fotolitográficas y de ataque químico, de modo que las partes 32 y 33 restantes de la capa 28 de aluminio formen conexiones de electrodo de entrada y de salida mutuamente aisladas, respectivamente, del transistor de efecto de campo de puerta aislada.

En este ejemplo la pastilla se divide subsiguientemente para formar los cuerpos semiconductores individuales que tienen la estructura mostrada en la fig. 8, y que tienen conductores de alimentación S, G y D conectados a los electrodos de entrada, de mando y de salida.

En una modificación de este ejemplo, el dispositivo es un circuito integrado que comprende

385637



un cuerpo semiconductor que tiene regiones de varios transistores de efecto de campo de electrodo de mando aislado formadas como se describió en este ejemplo. Después del bombardeo iónico, se eliminan partes de la capa de aluminio 28 mientras que partes  
5 restantes de la capa 28 y los electrodos 27 y 27', forman conexiones de electrodo para e interconexiones entre los transistores de efecto de campo individuales. Así, se forma un circuito integrado proporcionando un diseño de capa aislante y de pasivación (23 y 24) sobre una superficie del cuerpo semiconductor, proporcionando una capa metálica (27, 27', y 28) para un diseño de contacto y de interconexión sobre el diseño de capa aislante y de pasivación y sobre las partes expuestas de la superficie del cuerpo semiconductor, y proporcionando subsiguientemente regiones semiconductoras en la superficie del cuerpo semiconductor del circuito integrado por introducción de átomos de un elemento de  
10 impurificación en el cuerpo semiconductor desde la capa metálica. La capa metálica es una capa múltiple, y se utilizan partes engrosadas 27 y 27', y 23 de la capa metálica y de la capa aislante, para enmascarar partes de la superficie del cuerpo semiconductor contra la implantación.  
15  
20  
25



# 385637

En el Ejemplo y en su modificación, la disposición de la capa 28 de aluminio forma durante el bombardeo iónico una capa conductora continua sobre el diseño de capa aislante 23 y 24 e interconecta los electrodos de níquel 27 y 27' a un potencial común; esto puede ser una ventaja para reducir elevadas concentraciones de carga locales que pueden surgir del bombardeo iónico y que pueden dar como resultado la degradación del diseño de capa aislante y unos efectos superficiales indeseables. La capa conductora continua mantiene partes adyacentes de superficie a un potencial sustancialmente común y puede conectarse fácilmente a una fuente de potencial adecuada, por ejemplo, conectando la capa a un punto de toma de masa del acelerador de iones.

#### Ejemplo 4

En la fabricación de un circuito integrado aislado por aire, etapas de la cual se ilustran en las figs. 11 a 13, el material de partida es un cuerpo 71 de silicio de tipo  $n$  que forma parte de una pastilla de silicio de tipo  $n$  que comprende una capa epitaxial sobre un sustrato  $n^+$  de elevada conductividad. Solo se muestran en los dibujos la parte del cuerpo 71 que comprenderá regiones de un

385637

-1



transistor bipolar, un diodo de unión y una resistencia del circuito integrado. Las restantes partes del cuerpo 71 que no se muestran, comprenderán regiones de los restantes elementos de circuito del  
5 circuito integrado completo.

Se deposita antimonio sobre toda una superficie 72 del cuerpo 71 de silicio para formar una capa de antimonio 73 relativamente delgada (0,03 micras). La superficie 72 del cuerpo de silicio es una  
10 superficie de la capa epitaxial de tipo n. Se deposita aluminio sobre toda la capa 73 de antimonio para formar una capa de aluminio 74 relativamente delgada (0,05 micras).

Como se indica por las flechas en la fig.  
15 11, los iones son dirigidos a la superficie 72 del cuerpo de silicio para bombardear la capa 74 de aluminio y la capa 73 de antimonio y, por transferencia de energía, hacer que átomos de antimonio y de aluminio penetren en la superficie 72 del cuerpo de  
20 silicio. Los iones que bombardean son de krypton y se obtienen de una descarga en gas krypton como un haz iónico de energía modulada. Se realiza un tratamiento de revenido simultáneo a 450°C. La energía del haz varía desde un bajo valor  $E_1$ , a través de  
25 un valor intermedio  $E_2$ , hasta un valor más elevado

385637



$E_3$ . Los iones de krypton de energía  $E_3$  elevada tienen suficiente energía como para atravesar la capa de aluminio 74 y entrar en la capa de antimonio 73 y hacer que átomos de aluminio procedentes de la  
5 capa 74 y átomos de antimonio procedentes de la capa 73 entren en la superficie 72 del cuerpo de silicio. Los iones de krypton que bombardean, de energía intermedia  $E_2$  tienen suficiente energía como para hacer que átomos de aluminio procedentes de la  
10 capa 74 entren en la superficie 72 del cuerpo de silicio, pero su energía es insuficiente para atravesar la capa de aluminio 74 y hacer que átomos de antimonio entren en la superficie 72, y los átomos de aluminio que atraviesan la capa de antimonio 74  
15 hacen que sólo un pequeño número de átomos de antimonio entren en la superficie 72 del cuerpo de silicio. Los iones de krypton de baja energía  $E_1$  no tienen suficiente energía para hacer que los átomos de aluminio o los átomos de antimonio entren en la  
20 superficie 72 del cuerpo de silicio y, en ciertos casos, el bajo valor de energía  $E_1$  puede ser sustancialmente nulo, en cuyo caso ningún ión de krypton bombardea las capas 73 y 74, sustancialmente.

Las capas 73 y 74 son exploradas por el  
25 haz de energía modulada en la forma indicada en la

385637



fig. 11. La energía  $E$  de los iones que bombardean se muestra en función de la posición  $x$  a través de la sección transversal del cuerpo de silicio a la que son dirigidos iones particulares. Como se indicó, la modulación de energía del haz de iones es tal que se implantan selectivamente átomos de aluminio y de antimonio en la superficie del cuerpo semiconductor para formar regiones de configuración deseada que se muestran en línea interrumpida en la fig. 11. En consecuencia, el contenido de información del haz de energía modulada es transferido a un diseño de implantación en el cuerpo 71 de silicio.

Las capas 73 y 74 son eliminadas por ataque químico y puede llevarse a cabo otro tratamiento de revenido. Los átomos de aluminio implantados forman en la capa epitaxial de tipo  $n$ , regiones de tipo  $p$  que constituyen la región de base 75 de un transistor bipolar  $T$ , la región 76 de un diodo de unión  $D$ , y una región aislante 77 de una resistencia  $R$ . Los átomos de antimonio implantados forman una región de emisor 78 de tipo  $n$  en la región de base 75 del transistor  $T$  y una región 79 de resistencia de tipo  $n$  en la región aislante 77. El cuerpo se calienta a aproximadamente  $450^{\circ}\text{C}$  en una atmósfera TEOS para depositar una capa de sílice 80 so-

385637



bre toda la superficie 72 del cuerpo de silicio y se forman aberturas en la capa 80 mediante ataque químico para exponer regiones de silicio que se encuentran bajo ella. Se deposita aluminio sobre la  
5 capa 80 de sílice y sobre las partes expuestas de la superficie 72 del cuerpo de silicio para formar una capa de aluminio que se marca subsiguientemente por ataque químico para formar contactos para interconexiones entre los distintos elementos de circuito, por ejemplo, el transistor T, el diodo D y la  
10 resistencia R, del circuito integrado. El diseño de aluminio de contacto y de interconexión está designado por el número 81 en la fig. 12.

Se emplea aislamiento por aire para aislar eléctricamente los elementos de circuito dentro  
15 de éste. Se aplica vidrio a la superficie del cuerpo que tiene la capa 80 de sílice y el diseño 81 de aluminio para formar un soporte aislante 82, rígido. El cuerpo de silicio 71 se rebaja de espesor entonces mediante un proceso de esmerilado mecánico  
20 para eliminar material de la superficie mayor del cuerpo opuesta a la superficie 72; de esta forma, se elimina la mayor parte del sustrato  $n^+$  del cuerpo 71. Se forman ahora canales de aislamiento por  
25 aire en el cuerpo rebajado 71 por ataque químico

385637



anisotrópico de la superficie del cuerpo opuesta  
a la superficie 72 para separar las partes del cuer-  
po asociadas con los distintos elementos de circui-  
to. Parte de la estructura resultante se muestra en  
5 la fig. 13, donde un canal 83 de aislamiento por  
aire separa una parte de cuerpo asociada con el  
transistor T y una parte de cuerpo asociada con el  
diodo D y la resistencia R.

Ejemplo 5

10 En la fabricación de un fotocátodo de ar-  
seniuro de galio, que se describirá ahora con refe-  
rencia a las figs. 14 y 15, el material de partida  
es un sustrato 91 de arseniuro de galio de tipo p,  
de alta calidad, que tiene una concentración de im-  
15 pureza aceptadora de  $10^{15}$  átomos/c.c.

Es sabido que el arseniuro de galio, aso-  
ciado con el cesio es un fotoemisor. La radiación  
electromagnética de más de 1,4 eV forma pares de  
electón-hueco en el arseniuro de galio y los elec-  
20 trones que se encuentran dentro de una longitud de  
difusión de la superficie son capaces de escapar  
de esta. Con el fin de obtener eficacias cuánticas  
razonables, la inflexión de las bandas de energía  
en la superficie del arseniuro de galio debe tener  
25 lugar en una distancia muy corta; esto requiere una

385637



elevada concentración de impurezas en el arseniuro de galio, por ejemplo, una concentración de aceptador de al menos  $5 \times 10^{19}$  átomos/c.c. Sin embargo, los tiempos de vida útil de los portadores de carga minoritarios y, por tanto, las longitudes de difusión de los portadores minoritarios son más cortos en sustratos de elevada concentración de impurezas que en sustratos de baja concentración de impurezas, de modo que el empleo de sustratos de elevada concentración de impurezas degrada la eficacia cuántica y es indeseable para este fin.

En el método empleado en este ejemplo para la fabricación de un fotocátodo de arseniuro de galio, se utiliza la implantación de zinc por choque para formar una elevada concentración de aceptador en una capa somera en una superficie mayor de un sustrato 91 de tipo p que tiene una baja concentración de aceptador de  $10^{15}$  átomos/c.c. De esta forma, la inflexión de la banda de energía tiene lugar en una distancia muy corta en la superficie, mientras que la masa del sustrato tiene una gran longitud de difusión para los electrones de modo que se proyectan más electrones por fotoemisión.

385637



El método se realiza de la siguiente forma.

En un vacío de aproximadamente  $10^{-10}$  torr, se corta el sustrato 91 de arseniuro de galio de tipo p, de elevada calidad, y se evapora zinc sobre una superficie mayor dividida 92 del sustrato 91 para formar una capa 93 que tiene un espesor de aproximadamente 550 Å.

El sustrato 91 con la capa 93 se coloca en una cámara iónica y, como se ilustra por las flechas en la fig. 14, se bombardea la capa 93 con iones de xenón de 100 keV con el fin de hacer, por transferencia de energía, que átomos de zinc procedentes de la capa 93 entren en una parte subyacente de superficie del sustrato 91 y sean implantados allí. Los iones de bombardeo de xenón son absorbidos en la capa de zinc 93. El zinc es un aceptador de impurezas en el arseniuro de galio; los átomos de zinc implantados aumentan significativamente la concentración de aceptador de una capa superficial 94 del sustrato 91, cuya capa superficial 94 tiene una profundidad de menos de 200 Å. De este modo, se forma una capa 94 somera de elevada concentración de aceptador en una superficie mayor 92 de un sustrato 91 de arseniuro de galio de tipo p, de ba-

385637



ja concentración de impurezas.

Después del bombardeo, se somete al su-  
trato 91 a un ataque químico por inmersión, muy cor-  
to, en ácido clorhídrico, para eliminar el zinc en  
5 exceso y se le coloca luego en una cámara de vacío.  
El sustrato 91 se limpia por calor al vacío a 600°C  
durante 5 a 10 minutos. Cualquier zinc en exceso  
residual se vaporiza desde la superficie 92, y el  
sustrato 91 se reviene, haciendo el zinc implanta-  
10 do por choque eléctricamente activo. Subsiguiente-  
mente, bajo el mismo vacío, se depositan alternati-  
vamente cesio y oxígeno sobre la superficie 92 del  
sustrato 91, a temperatura ambiente, para formar  
una capa 95 (véase fig. 15), mientras se vigila con-  
15 tínuamente la fotoemisión desde la superficie 92.  
La superficie 92 se trata de este modo con cesio y  
oxígeno hasta que la emisión de fotones atraviesa  
un máximo.

Será evidente que son posibles muchas mo-  
20 dificaciones dentro del alcance del invento según  
se define en las reivindicaciones anejas. Aunque  
en los métodos descritos una parte de la capa que  
comprenden dicho elemento es sometido a un solo  
bombardeo iónico por una única especie de iones, par-  
25 tes de tales capas pueden ser sometidas a varios

385637



En línea

bombardeos por diferentes especies de iones posiblemente a distintas energías. Además, la energía de los iones que bombardean una parte de la capa puede hacerse variar durante el periodo de bombardeo para proporcionar un perfil de concentración de la implantación deseado en la parte del sólido bajo la parte de la capa. En los métodos descritos para la fabricación de dispositivos semiconductores, es evidente que pueden emplearse otras técnicas y/o materiales usuales adecuados, por ejemplo otros materiales semiconductores, aislantes y/o de pasivación y conductores, elementos de impurificación y especies de iones distintos.

Se hace referencia a la solicitud de patente número 385.638 que describe métodos de fabricación de un componente eléctrico, particular pero no exclusivamente un dispositivo semiconductor, en el que está provista una capa metálica sobre un sustrato y al menos parcialmente en contacto con una parte superficial del sustrato, y la capa metálica es bombardeada con iones con el fin de hacer, por transferencia de energía, que átomos de la capa metálica entren en dicha parte de superficie del sustrato y sean implantados en ella para cambiar en una forma deseable las características eléctricas aso-

385637



E-1 R

5 ciadas con dicha parte de superficie, manteniéndose al menos parte de la capa metálica en el componente fabricado como conexión de electrodo que hace contacto con al menos una parte de dicha zona de superficie.

10 La presente solicitud, que corresponde a la presentada en Gran Bretaña, el 19 de Noviembre de 1969, bajo el Nº 56574/69 provisional y el 4 de Noviembre de 1970 completa, se acoge a los beneficios del Artículo 51 del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.

15

REIVINDICACIONES

20 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 que se recogen en las reivindicaciones siguientes:

25 1ª.- Un método de fabricar un dispositivo semiconductor, caracterizado porque una capa prevista sobre una superficie de un cuerpo semiconduc-

27.3.74  
H.M.C.

- 51 -

385637



tor es bombardeada con iones con el fin de hacer que, por transferencia de energía átomos de un elemento de la capa entren en una parte superficial subyacente del cuerpo y sean implantados en ella para cambiar las características eléctricas de dicha parte de superficie, siendo la composición y el espesor del material en la superficie del cuerpo semiconductor en la trayectoria de los iones de bombardeo, tales que la mayoría de los iones que bombardean la capa son absorbidos sin entrar en el cuerpo semiconductor.

2ª.- Un método según la reivindicación 1ª, caracterizado porque la capa consiste, sustancialmente, solo del elemento citado.

3ª.- Un método según la reivindicación 1ª ó la 2ª, caracterizado porque el espesor de la capa es, como mucho, de 0,1 micras.

4ª.- Un método según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque la composición y el espesor de la capa son tales que la mayoría de los iones que bombardean la capa son absorbidos en ella y no penetran en el cuerpo semiconductor.

5ª.- Un método según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque



385637



el espesor de la capa es de al menos 0,05 micras.

6ª.- Un método según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque dicha capa está prevista sobre otra capa en la superficie del cuerpo semiconductor, y la composición y los espesores de las dos capas son tales que la mayoría de los iones que bombardean la capa son absorbidos sin penetrar en el cuerpo semiconductor, mientras que átomos del elemento de la capa penetran en la otra capa y entran en el cuerpo semiconductor.

7ª.- Un método según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque los iones son de un gas inerte y se obtienen a partir de una descarga en el gas.

8ª.- Un método según la reivindicación 7ª, caracterizado porque el gas inerte es argón.

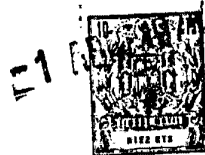
9ª.- Un método según la reivindicación 7ª, caracterizado porque el gas inerte es kryptón.

10ª.- Un método según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque los iones tienen energías en la gama de 10 keV a 100 keV.

11ª.- Un método según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por-



385637



que la capa es una capa metálica, al menos una parte de la cual está presente en el dispositivo fabricado como una parte de electrodo del mismo.

12ª.- Un método según la reivindicación  
5 11ª, caracterizado porque la capa es un electrodo de capa metálica que forma una unión de tipo Schottky con la superficie del cuerpo semiconductor, y los átomos de la capa metálica que entran en dicha parte de superficie forman en la superficie un contac-  
10 to rectificador íntimo entre el electrodo de capa metálica y el cuerpo semiconductor.

13ª.- Un método según una cualquiera de las reivindicaciones 1ª a 11ª, caracterizado porque el elemento es un elemento de impureza caracterís-  
15 tico de un tipo de conductividad del material del cuerpo semiconductor.

14ª.- Un método según la reivindicación 13ª, caracterizado porque los átomos del elemento de impureza de ese tipo de conductividad entran en  
20 una parte del cuerpo semiconductor de dicho tipo de conductividad.

15ª.- Un método según la reivindicación 14ª, caracterizado porque el dispositivo semiconductor es un fotocátodo semiconductor, y los átomos  
25 implantados del elemento de impureza aumentan la

385637



concentración de impurezas de dicho tipo de conduc-  
tividad de una región superficial somera de la par-  
te de cuerpo semiconductor de dicho tipo de conduc-  
tividad para permitir la mejora de su emisión de su  
5 fotoemisión.

16ª.- Un método según la reivindicación  
13ª, caracterizado porque los átomos del elemento  
de impureza de dicho tipo de conductividad entran  
en una parte del cuerpo semiconductor del tipo de  
10 conductividad opuesto.

17ª.- Un método según la reivindicación  
16ª, caracterizado porque el dispositivo semicon-  
ductor es un dispositivo para detectar y/o medir la  
radiación, la capa está prevista sobre el total de  
15 una superficie mayor de la parte de cuerpo semicon-  
ductor del tipo de conductividad opuesto y es bom-  
bardeada con los iones para hacer que átomos del  
elemento de impureza entren en toda la citada su-  
perficie mayor y formen en el cuerpo semiconductor  
20 una región somera junto a la superficie del primer  
tipo de conductividad, que forma con la parte de  
cuerpo semiconductor adyacente del tipo de conducti-  
vidad opuesto una unión p-n sensible a la radiación.

18ª.- Un método según una cualquiera de  
25 las reivindicaciones 1ª a 14ª ó 16ª, caracterizado

385637



porque se prevé selectivamente en la superficie del cuerpo semiconductor un diseño de capa de enmascaramiento, y dicha capa está dispuesta sobre el diseño de capa de enmascaramiento y sobre al menos una parte sin enmascarar de la superficie del cuerpo semiconductor, siendo la composición y el espesor del diseño de capa de enmascaramiento tales que, cuando los iones son dirigidos hacia toda la citada superficie del cuerpo semiconductor, átomos de dicha capa que entran en el diseño de capa de enmascaramiento no penetran en la superficie del cuerpo semiconductor, de modo que la implantación es selectiva en la superficie del cuerpo semiconductor.

19ª.- Un método según la reivindicación 18ª, caracterizado porque el diseño de capa de enmascaramiento es de sílice, y al menos parte del diseño está presente en el dispositivo fabricado como una capa aislante y de pasivación en la superficie del cuerpo semiconductor.

20ª.- Un método según la reivindicación 19ª, y la reivindicación 16ª, caracterizado porque el dispositivo semiconductor comprende un diodo de unión p-n, y los átomos del elemento de impureza implantados selectivamente en la superficie del cuerpo semiconductor forman una región junto a la super-

385637



ficie del primer tipo de conductividad que forma  
con la parte de cuerpo semiconductor adyacente del  
tipo de conductividad opuesto una unión p-n, cuya  
unión p-n termina en dicha superficie del cuerpo  
5 semiconductor bajo el diseño de capa de enmascara-  
miento de sílice.

21ª.- Un método según la reivindicación  
18ª, caracterizado porque el diseño de capa de en-  
mascaramiento es de metal, y al menos parte del di-  
10 seño está presente en el dispositivo fabricado como  
una parte de electrodo del mismo.

22ª.- Un método según las reivindicacio-  
nes 21ª y 16ª, caracterizado porque el dispositivo  
semiconductor comprende un transistor de efecto de  
15 campo de electrodo de mando aislado, el diseño de  
capa de enmascaramiento metálica comprende un elec-  
trodo de mando metálico previsto sobre una capa ais-  
lante relativamente delgada en la superficie del  
cuerpo semiconductor, átomos del elemento de impu-  
20 reza del primer tipo de conductividad implantados  
selectivamente en la superficie del cuerpo semicon-  
ductor forman regiones de entrada y de salida del  
primer tipo de conductividad junto a la superficie,  
y la parte de la superficie del cuerpo semiconduc-  
25 tor enmascarada contra la implantación por el elec-

385637



trodo de mando metálico constituye la región de canal del transistor de efecto de campo de electrodo de mando aislado.

23ª.- Un método según la reivindicación  
5 22ª, caracterizado porque otro diseño de capa de enmascaramiento aislante, relativamente gruesa es prevista selectivamente en la superficie del cuerpo semiconductor antes de disponer sobre ella la citada capa que comprende el elemento de impureza y,  
10 durante el bombardeo iónico, el otro diseño de capa de enmascaramiento protege contra la implantación del elemento de impureza para definir la periferia exterior, alejada de la región de canal de ambas regiones de entrada y de salida.

15 24ª.- Un método según las reivindicaciones 22ª ó 23ª, caracterizado porque el diseño de capa de enmascaramiento metálica comprende además electrodos metálicos de entrada y de salida previstos en la superficie del cuerpo semiconductor en re-  
20 giones de contacto de entrada y de salida del semiconductor, previamente formadas, muy conductoras, del cuerpo semiconductor.

25 25ª.- Un método según la reivindicación 13ª, caracterizado porque otra capa que comprende un elemento de impureza característico del tipo de



385637

conductividad opuesto está prevista sobre la superficie del cuerpo semiconductor y las dos capas son bombardeadas simultáneamente con iones que, por transferencia de energía hacen que átomos de los dos elementos de impureza penetren en la superficie del cuerpo semiconductor para cambiar, en forma deseable, las características eléctricas asociadas con partes de la superficie del cuerpo semiconductor.

26ª.- Un método según la reivindicación 25ª, caracterizado porque la capa que comprende el elemento de impureza característico del primer tipo de conductividad está prevista sobre dicha otra capa, en una parte del cuerpo semiconductor del tipo de conductividad opuesto.

27ª.- Un método según la reivindicación 26ª, caracterizado porque el dispositivo semiconductor comprende un transistor bipolar que tiene una región de emisor de dicho tipo de conductividad opuesto y una región de base del primer tipo de conductividad, en el que, durante el bombardeo iónico, átomos del elemento de impureza característico del primer tipo de conductividad penetran en el cuerpo semiconductor desde una capa para formar una región del primer tipo de conductividad asociada con la región de base del transistor, y átomos más pesados



385637



del elemento de impureza característico del tipo de  
conductividad opuesto penetran en el cuerpo semicon-  
ductor hasta una profundidad más somera desde la  
otra capa, para formar una región del tipo de con-  
5 ductividad opuesto asociada con el emisor del tran-  
sistor.

28ª.- Un método según la reivindicación  
27ª, caracterizado porque el dispositivo semicon-  
ductor es un circuito integrado que comprende el  
10 transistor bipolar y, al menos, otro elemento de  
circuito, y los átomos de los dos elementos de im-  
pureza son implantados selectivamente en la super-  
ficie del cuerpo semiconductor para formar simul-  
táneamente regiones semiconductoras del transistor  
15 bipolar y del otro elemento o elementos del circui-  
to.

29ª.- Un método según una cualquiera de  
las reivindicaciones 26ª a 28ª, caracterizado por-  
que las dos capas están previstas sobre toda la su-  
20 perficie citada del cuerpo semiconductor y son ex-  
ploradas por un haz de iones de energía modulada,  
siendo la energía modulada tal que átomos de los  
dos elementos de impureza son implantados selecti-  
vamente en la superficie del cuerpo semiconductor  
25 para formar regiones de configuración deseada del



385637



dispositivo semiconductor.

30ª.- Un método según una cualquiera de las reivindicaciones 16ª a 29ª, caracterizado porque el dispositivo semiconductor es un circuito integrado, y dicha superficie del cuerpo semiconductor es una superficie mayor de una parte de capa semiconductor, al menos principalmente del tipo de conductividad opuesto situada en un sustrato semiconductor del primer tipo de conductividad.

10 31ª.- Un método según una cualquiera de las reivindicaciones 16ª a 30ª, caracterizado porque el dispositivo semiconductor es un circuito integrado, varios de cuyos elementos de circuito están aislados mutuamente por canales de aislamiento  
15 formados subsiguientemente en el cuerpo semiconductor.

32ª.- Un método según una cualquiera de las reivindicaciones 1ª a 30ª, caracterizado porque el cuerpo semiconductor es de silicio.

20 33ª.- Un método según la reivindicación 32ª, cuando depende de la 13ª, caracterizado porque dicha capa es de aluminio.

25 34ª.- Un método según la reivindicación 32ª, cuando depende de la 13ª, caracterizado porque dicha capa es de antimonio.



385637



21 ABR. 1974

35ª.- Un método según una cualquiera de las reivindicaciones 1ª a 31ª, caracterizado porque el cuerpo semiconductor es de germanio.

5 36ª.- Un método según una cualquiera de las reivindicaciones 1ª a 31ª, caracterizado porque el cuerpo semiconductor es de un material semiconductor de un compuesto A III - B V.

10 37ª.- Un método según una cualquiera de las reivindicaciones 1ª a 31ª, caracterizado porque el cuerpo semiconductor es de un material semiconductor de un compuesto A II - B VI.

38ª.- Un método de fabricar un dispositivo semiconductor.

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

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

21 ABR. 1974

Madrid,

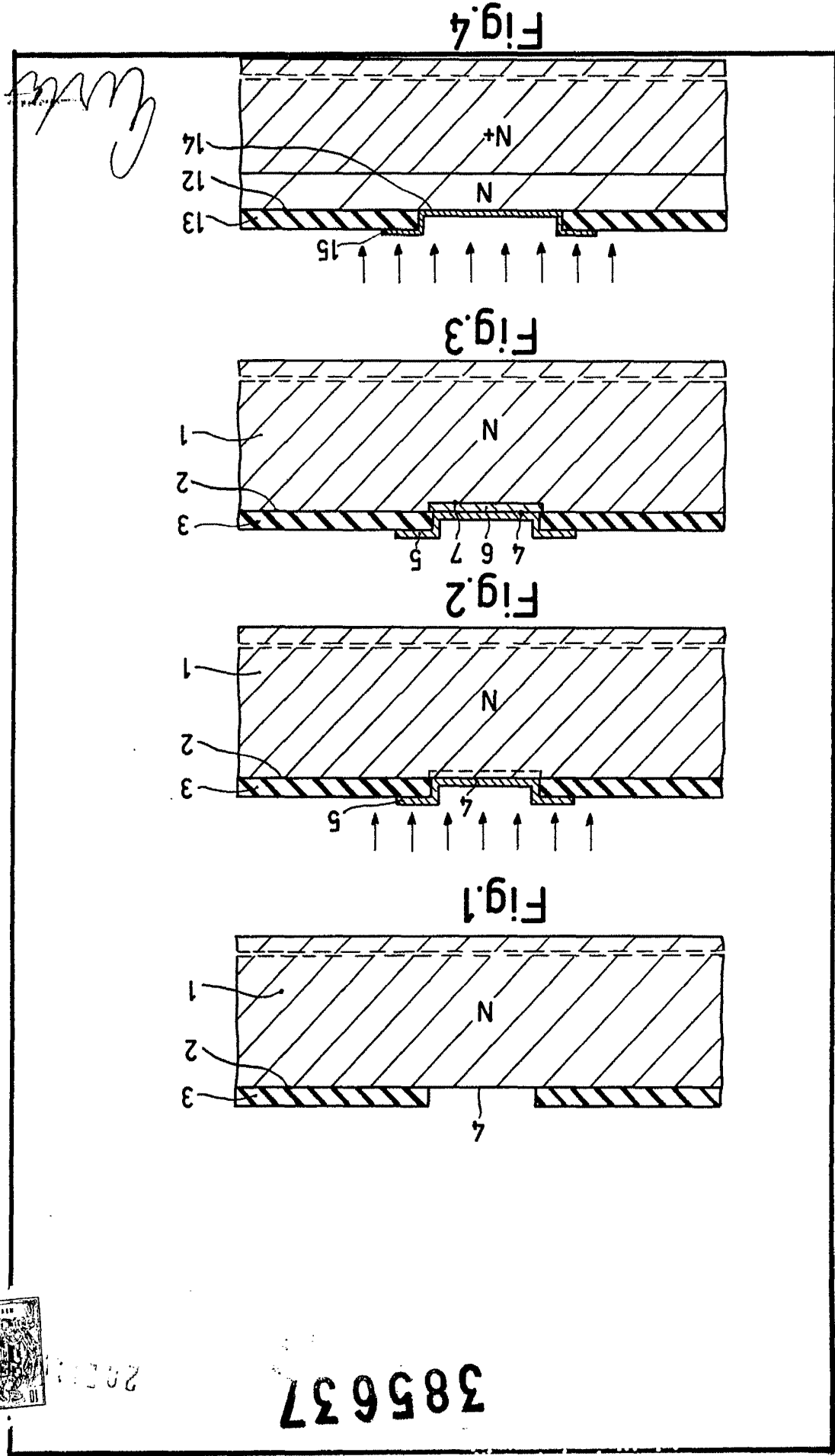
P.A.

Antonio de Madrid  
*[Handwritten signature]*

27.3.74  
H.M.C.

- 62 -





*Handwritten signature*



2021

385637

*Handwritten notes*

385637

75 JUL 1978

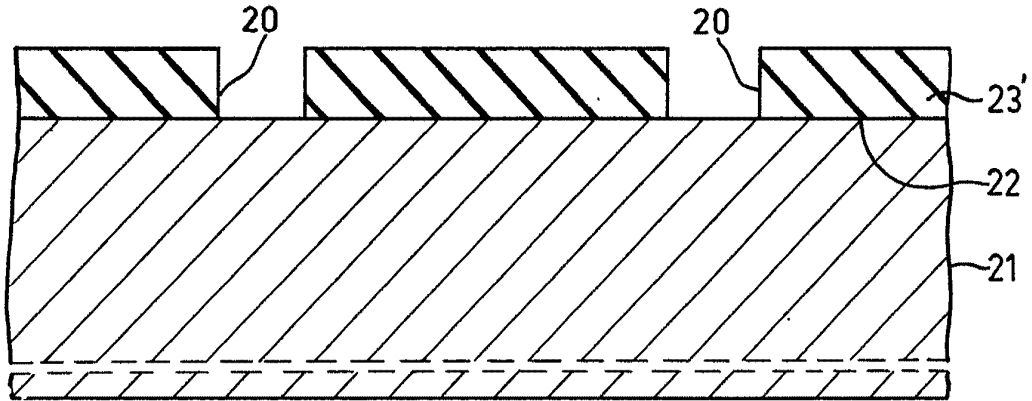


Fig.5

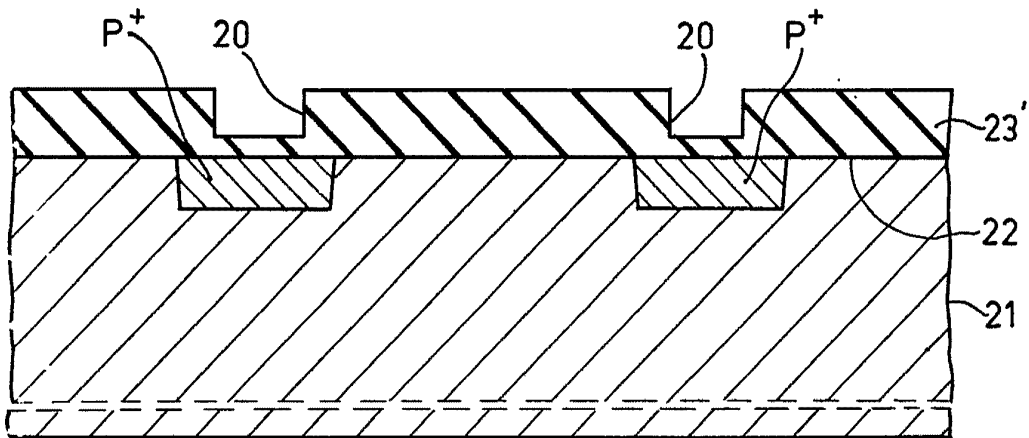


Fig.6

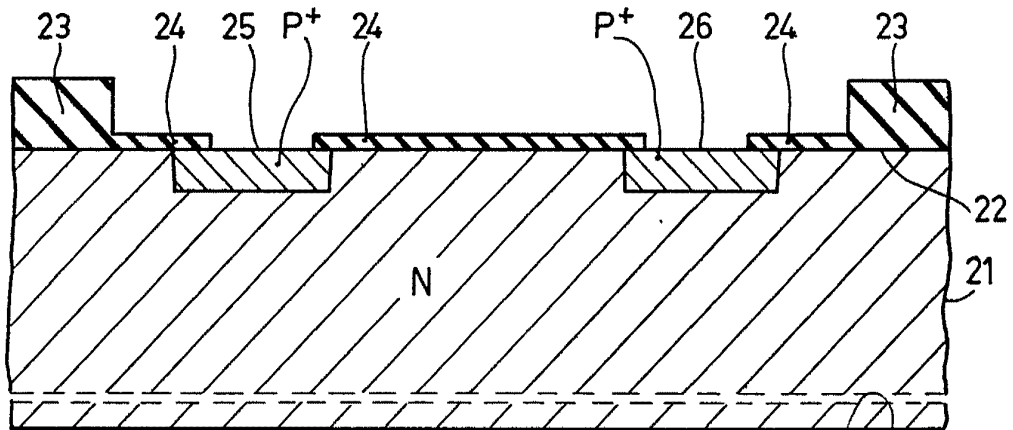


Fig.7

*Handwritten signature or initials.*

28 DEC 1970

385637

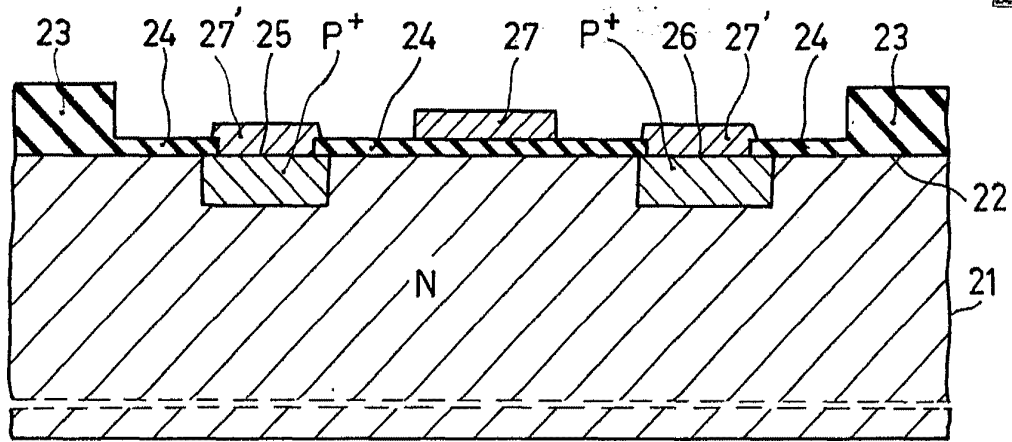


Fig.8

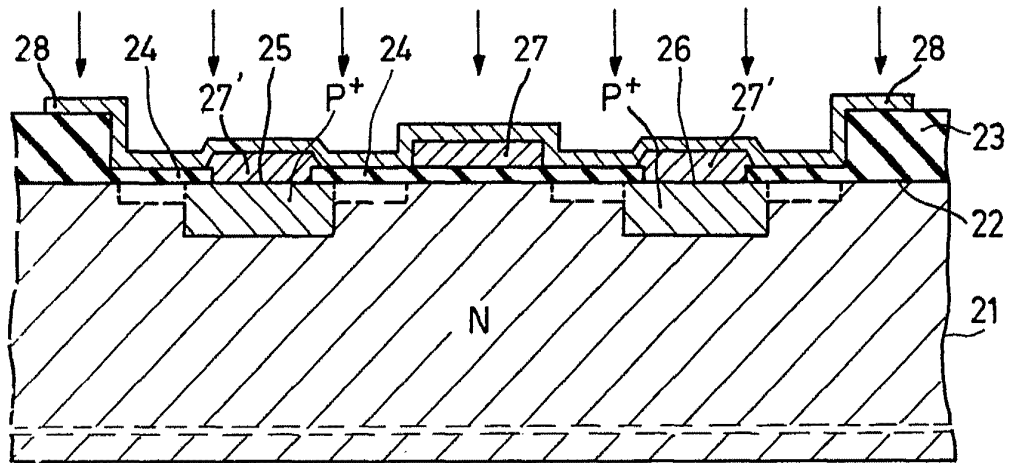


Fig.9

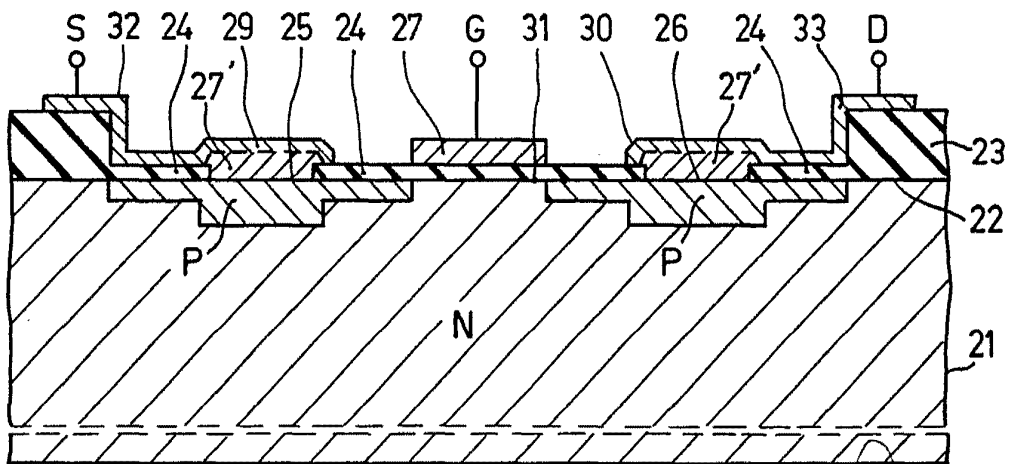


Fig.10

Handwritten signature and text at the bottom right of the page.

3 0 5 6 3 7

28 DEC 1910

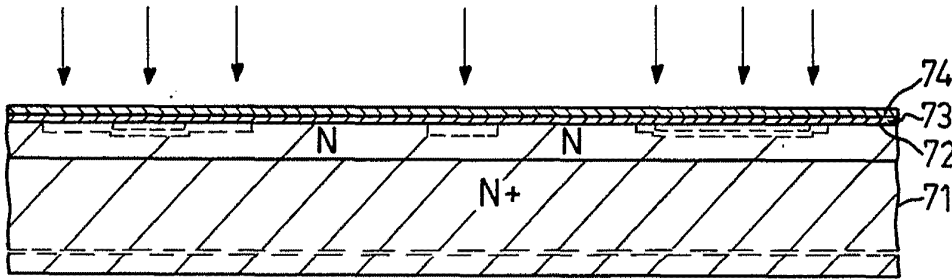
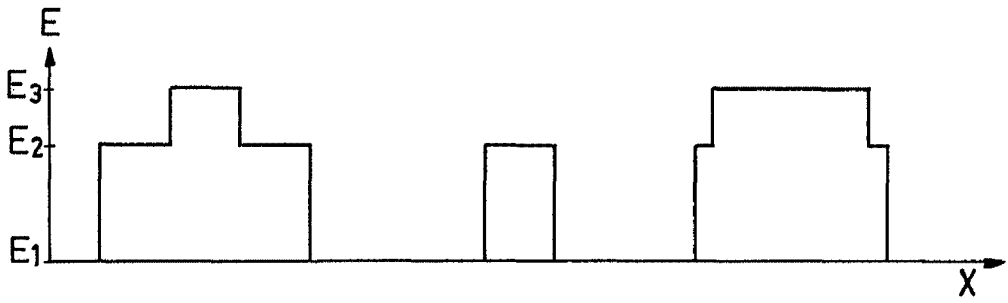


Fig.11

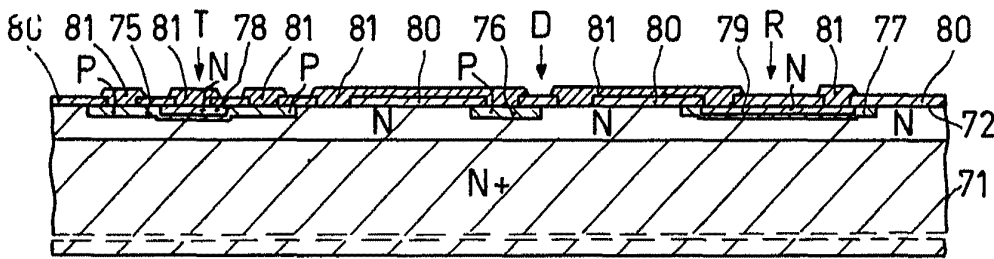


Fig.12

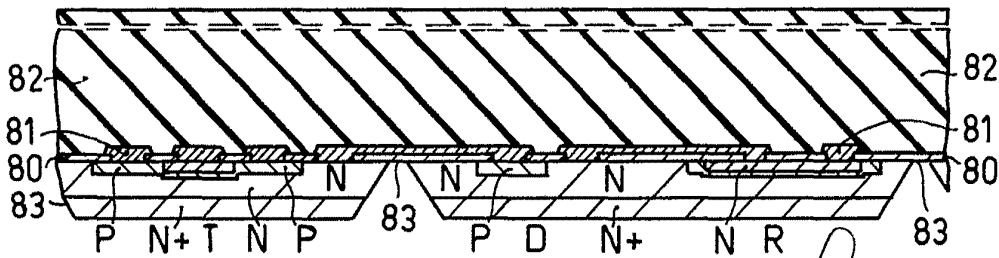


Fig.13

*[Handwritten signature]*

385637

28 DEC 1977

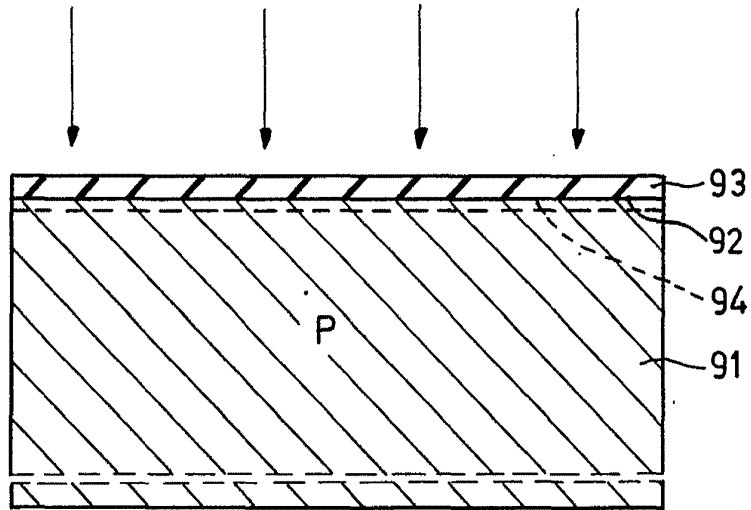


Fig.14

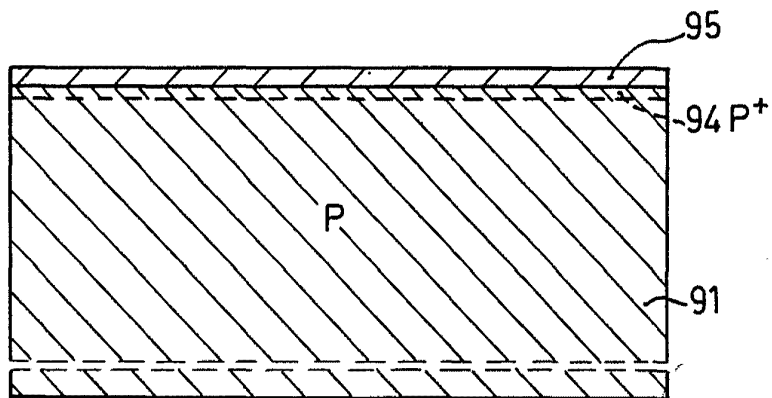


Fig.15

*[Handwritten signature]*  
For Examiner