

386515

P. 46.466.-

PHB 32023

Spain

VD/AL

SECCION TECNICA
CLASIFICACION I.P.C.
CLASE <u>H.01</u>
SUBCLASE <u>L</u>



26 FEB 1971

## Memoria descriptiva

para solicitar PATENTE DE INVENCION por 20 años

a nombre de N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN

entidad / ~~de nacionalidad~~ holandesa

con domicilio en Emmasingel 29, Eindhoven, Holanda

por: "UN METODO DE MANUFACTURAR UN DISPOSITIVO SEMICONDUCTOR"  
(Clase Internacional H011)

20.1.71

- 1 -

386515

28 LINE 3



Este invento se refiere a un método de manufacturar un dispositivo semiconductor que comprende un cuerpo semiconductor en el cual están presentes regiones de emisor, de base y de colector de un transistor bipolar, siendo la región de base del tipo de conductividad opuesto al de las regiones de emisor y de colector y comprendiendo fa-  
5 jajas mutuamente espaciadas que están situadas debajo de la región de emisor y tienen una conductividad más alta que una parte activa de la región de base situada entre ellas.  
10 El invento se refiere además a dispositivos semiconductores manufacturados por tales métodos. Tal dispositivo semiconductor puede ser un transistor bipolar individual o bien un circuito integrado que incluye un transistor bipolar como uno de los elementos del circuito. El transistor  
15 puede ser un transistor bipolar de alta frecuencia, por ejemplo para funcionamiento en la gama de los gigaciclos por segundo.

La concentración de impureza que determina el tipo de conductividad de la parte de la región de base de un transistor bipolar que está directamente debajo de la re-  
20 gión de emisor es frecuentemente un valor de compromiso entre un valor alto, que se requiere para una baja resistencia de base intrínseca, y un valor bajo que se requiere para una baja capacitancia de empobrecimiento de emisor. Tal  
25 compromiso puede limitar seriamente las características de un transistor, por ejemplo de un transistor de alta frecuencia, manufacturado con una concentración de elementos de impureza sustancialmente uniforme en su región de base activa.

30 Se ha propuesto formar una estructura metálica reti-



cular en la región de base de un transistor bipolar para reducir la resistencia de base. No obstante, la colocación de electrodos metálicos dentro de la región de base en un cuerpo semiconductor es muy difícil con regiones de base muy delgadas.

5

Se ha propuesto en la Memoria descriptiva de la Patente para los EE.UU. número 2.980.830, formar por difusión fajas mutuamente espaciadas, o "nervios", en la región de base de un transistor bipolar, las cuales tienen una conductividad más alta que la de otra parte de la región de base. Tales fajas pueden reducir la resistencia de base. En la Memoria descriptiva se describen etapas complejas de difusión hacia fuera y de eliminación de material en la formación de las fajas; tales etapas pueden ser indeseables para dispositivos semiconductores que tengan formas geométricas particularmente compactas. Además, usando técnicas de difusión no es fácil controlar la posición de tales fajas con relación a las uniones p-n de emisor-base y de colector-base, cuyo factor afecta al valor de las capacitancias de la unión y a la frecuencia de corte del transistor, ni controlar la concentración de impureza para obtener fajas perfectamente definidas que tengan una conductividad considerablemente más alta que la de las partes adyacentes de la región de base y un alto gradiente de concentración de impureza entre ellas; se ha comprobado que puede producirse una considerable inyección de portadores de carga minoritarios en la región de base en la transición entre las fajas y las partes adyacentes de la región de base cuando el citado gradiente de concentración de impureza es pequeño, y ello puede originar degradación de

10

15

20

25

30

3865 15



la capacitancia de almacenamiento del transistor. Además, tales fajas difundidas pueden ocupar un área considerable y aumentar considerablemente el área ocupada por el conjunto de la región de base, o dar por resultado una región de base de grueso muy variable.

Es deseable formar fajas de alta conductividad en la región de base de un transistor usando métodos relativamente sencillos y sin que sea afectada sensiblemente la capacitancia de empobrecimiento del emisor, la capacitancia de difusión y el área de base total. El grado de control de que se disponga para determinar la posición de las concentraciones de impureza y los gradientes de concentración asociados con cada faja, es un factor importante en la formación de tales fajas.

De acuerdo con un primer aspecto del invento, un método de manufacturar un dispositivo semiconductor comprende un cuerpo semiconductor en el cual están presentes regiones de emisor, de base y de colector de un transistor bipolar, siendo la región de base del tipo de conductividad opuesto al de las regiones de emisor y de colector, y comprendiendo fajas mutuamente espaciadas que están situadas directamente debajo de la región de emisor y que tienen una conductividad más alta que una parte activa de la región de base situada entre ellas, en cuyo método, usando la técnica de implantación de iones, se implantan selectivamente en el cuerpo semiconductor átomos de impureza característicos del citado tipo de conductividad opuesta, a través de la parte de cuerpo semiconductor en que ha de hacerse, o está hecha, la región de emisor, haciéndose la selectividad de la implantación de tal modo que los átomos

386515

26

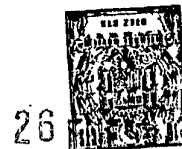


de impureza así implantados tengan concentraciones máximas mutuamente espaciadas en el cuerpo semiconductor, y eligiéndose las energías de los iones de bombardeo tales que las concentraciones máximas ocurran a una profundidad mayor que aquella a la cual ha de disponerse, o está dispuesta, la unión emisor-base, formando los átomos de impureza así implantados dichas fajas mutuamente espaciadas de la región de base.

5  
10  
15  
En la técnica de implantación de iones debe entenderse aquí que se incluye, cuando sea apropiado, un tratamiento de recocido para restituir la estructura reticular del cristal y para mover los átomos de impureza llevándolos a posiciones de sustitución en la red del cristal. Este tratamiento puede efectuarse calentando el cuerpo semiconductor simultáneamente con, o a continuación de, el bombardeo con iones de impureza. Será evidente que la posición final de una unión entre concentraciones de impureza en el cuerpo solamente puede determinarse durante tal tratamiento de recocido.

20  
25  
30  
La formación de las fajas usando implantación selectiva de iones de impureza de un valor o espectro de energía especificado, puede efectuarse de una manera relativamente sencilla por exploración selectiva con un haz de iones enfocado y/o por enmascaramiento selectivo del cuerpo semiconductor contra la implantación de iones, y proporciona un control considerablemente más preciso de la configuración y posición, de la concentración de impureza y del gradiente de la concentración de las citadas fajas, con relación a otras partes de la región de base, de lo que es posible con las técnicas de difusión usuales que actualmen

386515



26

te se emplean. En particular, tal implantación de iones a través de una máscara permite cambios muy bruscos en tres dimensiones en la concentración de iones de impureza implantados, de modo que pueden formarse fajas altamente conductoras bien definidas en la región de base enterradas debajo de la región de emisor. De esta manera es posible manufacturar un dispositivo en el cual la función de conducción lateral de corriente de base y la función de transporte de corriente entre emisor y colector están separadas en grado considerable entre diferentes partes de la región de base debajo de la región de emisor. Tales fajas altamente conductoras y bien definidas pueden proporcionar baja resistencia de base bajo la región de emisor con poca degradación de las capacitancias de difusión y de empobrecimiento de emisor, y sin aumentar en grado no deseable el área total de la base debajo de la región de emisor.

En algunos dispositivos, la presencia de otras fajas de alta conductividad en partes de la región de base más allá de la que está directamente debajo de la región de emisor no afectará perjudicialmente a las características del dispositivo; en tales casos, cuando se forman las fajas situadas directamente debajo de la región de emisor, puede disponerse un gran grupo de fajas y solo es necesario imponer requisitos moderados en cuanto a alineación y coincidencia lateral entre la posición del grupo de fajas y la parte de cuerpo donde ha de hacerse, o está hecha, la región de emisor.

El mutuo espaciamiento de dichas fajas requiere que la posición de la concentración máxima de impurezas que determina el tipo de conductividad de fajas adyacentes es-



26 MAY

té espaciada mutuamente y sea de mayor valor que la con-  
centración de impureza que determina el tipo de conductivi-  
dad de una parte activa de la región de base situada entre  
ellas. En una forma, el espaciamiento mutuo de dichas fa-  
5 jas se efectúa usando un haz de iones enfocado dirigido se-  
lectivamente a la superficie del cuerpo semiconductor. En  
otra forma, hay presente un diseño reticular de capas de  
enmascaramiento en la superficie bombardeada para enmasca-  
rar partes de la superficie del cuerpo semiconductor contra  
10 la implantación de iones, para determinar el espaciamiento  
mutuo de las fajas.

Los cambios laterales muy bruscos en la concentración  
de impureza implantada de las fajas que puede obtenerse  
usando la técnica de implantación de iones tienen importan-  
15 cia para reducir al mínimo la región graduada entre cada  
faja y una parte activa de la región de base. La capacitan-  
cia de difusión por unidad de área de esa región graduada  
es alta, ya que las fajas son en general mas gruesas que  
las partes activas y la constante de difusión de portado-  
20 res minoritarios es degradada por la concentración de impu-  
reza adicional. Por consiguiente, el tiempo de tránsito en  
tal región graduada es largo, mientras la concentración de  
impureza no alcanza un valor suficientemente alto para ha-  
cer bajo el nivel de inyección. Con una concentración de im-  
25 pureza en las fajas de al menos diez veces las de las par-  
tes activas de la región de base, el nivel de inyección en  
las fajas es despreciable. Usando la técnica de implantación  
de iones en la formación de las fajas, son posibles altos  
gradientes de concentración de impureza, de modo que la con-  
30 centración de impureza de las fajas puede aumentar hasta un

386515

26 EN



5 valor de al menos diez veces el de las partes activas en una distancia que es pequeña en comparación con la anchura de las partes activas de la región de base; por tanto se reduce al mínimo la región graduada y se hace despreciable la capacitancia de almacenamiento debida a las fajas.

10 Cuando se emplea un diseño reticular de capas de enmascaramiento para determinar el espaciamiento mutuo de dichas fajas, el diseño reticular de capas de enmascaramiento puede tener una estructura definida por técnicas fotoligráficas y de ataque químico; en este caso, el espaciamiento mutuo de las fajas formadas puede ser, por ejemplo, de 2,5 micras como máximo.

15 El diseño reticular de capas de enmascaramiento puede ser de un metal pesado.

20 Cuando se forma la región de emisor introduciendo para ello átomos de impureza en la superficie del cuerpo semiconductor a través de una abertura en una capa de enmascaramiento, tal como una capa de sílice, puede formarse la abertura usando técnicas fotolitográficas y de ataque químico, usándose una reserva fotosensible que se expone mediante luz ultravioleta para definir la abertura en la capa de enmascaramiento. En tal caso, cuando se emplea un diseño reticular de capas de enmascaramiento, para determinar el espaciamiento mutuo de las fajas implantadas directamente debajo de la parte de cuerpo semiconductor en la cual ha de hacerse o está hecha la región de emisor, puede usarse una capa sensible a los electrones bombardeada mediante, por ejemplo, un haz de electrones enfocado, para definir el diseño reticular de capas de enmascaramiento. El

25

30



diseño reticular de capas de enmascaramiento puede ser de un material formado usando bombardeo con haz de electrones de partes de una capa sensible a los electrones, por ejemplo de sílice, de una capa de polimetilciclosiloxano (PMCS). En una forma alternativa, el diseño reticular de capas de enmascaramiento es de un metal pesado y tiene una estructura definida por técnicas de enmascaramiento y de ataque químico usando una reserva sensible a los electrones. La reserva sensible a los electrones puede ser, por ejemplo, de polimetilmetacrilato (PMMA), la cual es una reserva positiva, y el metal pesado puede ser, por ejemplo, cromo. Usando tal método, pueden formarse fajas de bordes relativamente bien delimitados, en las cuales el tipo de conductividad que determina el gradiente de concentración de impureza en los bordes de las fajas, tanto transversalmente como longitudinalmente, es relativamente grande, y el espaciamiento mutuo de las fajas puede ser, por ejemplo, de una micra como máximo.

Estando el dispositivo en funcionamiento, circula corriente desde los contactos de base, a lo largo de las fajas, a las partes de región de base activa, luego, si las fajas situadas directamente debajo de la región de emisor están bien definidas y espaciadas entre sí relativamente próximas, la corriente circula en las partes de región de base activa solo en una distancia relativamente corta; esto es equivalente a dividir la región de emisor en un cierto número de regiones de emisor mas pequeñas. Por ejemplo, si la región de emisor del transistor formado tiene la anchura mínima compatible con las técnicas fotolitográficas existentes, la definición, usando técnicas de haz de

386515



5 electrones, de fajas mutuamente espaciadas debajo de la parte de cuerpo semiconductor en la cual ha de hacerse o está hecha la región de emisor, tiene un efecto sobre el comportamiento del transistor equivalente a la formación de varias regiones de emisor más pequeñas. Esto puede ser importante para transistores de muy alta frecuencia, por ejemplo para transistores que tengan una  $f_T$  de lo gigaciclos por segundo, o incluso más altas.

10 Para un transistor bipolar de alta frecuencia práctico, existe un margen preferido de valores para el espaciamiento mutuo de las fajas. Un límite inferior se determina por la capacitancia de almacenamiento, ya que las características de las fajas espaciadas muy próximas, o que se confunden, se aproximan a las de una parte de capa continua de alta conductividad en la región de base, y por tanto sería necesaria una gran polarización directa para inyectar en ella un valor dado de corriente de emisor. Un límite superior viene determinado por la resistencia de base, ya que esa resistencia está influenciada por un factor de aproximadamente  $f \cdot b^2/a^2$ , donde  $a$  es la anchura de la región de emisor,  $b$  es la separación entre las fajas de la región de base, y  $f$  el valor 2 para anchuras iguales de fajas y partes de región de base intermedia.

15 Puesto que dichas fajas se forman usando implantación de iones selectiva, el valor máximo de la concentración de impureza que determina el tipo de conductividad de cada faja puede ser relativamente alto, aún conservando gradientes de concentración de impureza que determina el tipo de conductividad relativamente altos, en los bordes de las fajas; el citado valor máximo puede ser, por ejemplo,



de al menos un orden de magnitud o incluso de al menos dos órdenes de magnitud mayor que el de la concentración de impureza que determina el tipo de conductividad de partes de la región de base en la unión emisor-base y entre dichas fajas. Otras partes de la región de base que no sean las fajas pueden formarse por difusión, o bien pueden formarse de una manera más precisa por implantación. La concentración de impureza que determina el tipo de conductividad en la región de base en la unión emisor-base y entre las fajas puede ser, por ejemplo, del orden de  $10^{17}$  átomos/cm<sup>3</sup>. El valor máximo de la concentración de impureza que determina el tipo de conductividad de cada faja puede ser, por ejemplo, de al menos  $10^{19}$  átomos/cm<sup>3</sup> o incluso de al menos  $10^{20}$  átomos/cm<sup>3</sup>.

Puede usarse una dosis de iones suficientemente alta para el bombardeo, para hacer amorfas las áreas del cuerpo semiconductor monocristalino donde se prevén las fajas. Durante un tratamiento de recocido subsiguiente, por ejemplo a 800°C, las áreas amorfas recristalizan para restituir la estructura reticular monocristalina. El alto valor de la dosis requerida para conseguir tales áreas amorfas puede reducirse enfriando el cuerpo semiconductor durante la implantación. Tales procesos generan gran número de vacantes en la red del cristal, las cuales pueden ser ocupadas por átomos de elementos de impureza, permitiendo así una mayor concentración de impureza determinante del tipo de conductividad, en las fajas, de la que puede formarse por los procesos más usuales de implantación.

En la formación de las fajas, los átomos de impureza característicos del citado tipo de conductividad opues-

386515 26 ENE.



to pueden ser implantados selectivamente en el cuerpo semiconductor a través de la parte de cuerpo donde ha de hacerse o está hecha la región de emisor, y a través de partes de cuerpo adyacentes, de modo que las citadas fajas se extiendan longitudinalmente desde debajo de la región de emisor. En este caso, dichas fajas pueden formarse por implantación selectiva a través de partes de un diseño de capas de enmascaramiento, por ejemplo de sílice, dispuestas en la superficie del cuerpo semiconductor para enmascarar las partes de cuerpo semiconductor protegiéndolas contra la introducción de átomos de impureza asociados con la región de emisor; en este caso, el grueso de ese diseño de capas de enmascaramiento de emisor es menor que el alcance en el mismo de los átomos de impureza característicos del citado tipo de conductividad opuesto, implantados para formar las fajas.

Pueden formarse regiones de contacto de base de alta conductividad en la superficie de cuerpo semiconductor más allá de la parte de cuerpo donde ha de hacerse o está hecha la región de emisor, y dichas fajas formadas pueden extenderse longitudinalmente a lo largo de direcciones mutuamente paralelas y terminar en las regiones de contacto de base de alta conductividad. Las regiones de contacto de base de alta conductividad pueden ser partes difundidas localizadamente de la región de base, las cuales son tocadas subsiguientemente por el electrodo de base. No obstante, las fajas mutuamente espaciadas no es necesario que sean paralelas, ya que por implantación selectiva resulta posible producir otras configuraciones. Puede emplearse más de una etapa de implantación selectiva; usando, por



ejemplo, dos etapas de implantación selectiva, es posible formar conjuntos mutuamente ortogonales de fajas altamente conductoras en la región de base, uno de cuyos conjuntos es de conductividad más alta que la del otro conjunto y tiene el electrodo de base conectado subsiguientemente al mismo.

Las concentraciones máximas de los átomos de impureza implantados a través de la parte de cuerpo semiconductor donde ha de hacerse o está hecha la región de emisor, tienen lugar a una profundidad mayor que aquella a la cual ha de formarse o está formada la unión de emisor-base, de modo que en las proximidades de la unión emisor-base en el dispositivo manufacturado la concentración de impureza que determina el tipo de conductividad, de cada faja formada, disminuye en la dirección de la unión emisor-base; puesto que dichas fajas se forman usando la técnica de implantación de iones, sus concentraciones de impureza que determinan el tipo de conductividad en las proximidades de la unión emisor-base pueden ser considerablemente inferiores a su concentración máxima. Para un transistor bipolar de alta frecuencia práctico, manufacturado de acuerdo con el invento, existe un margen preferido de valores, que depende del gradiente de concentración de impureza, para el espaciado del valor máximo de la concentración de impureza de dichas fajas desde la unión emisor-base; un límite inferior para el espaciado viene determinado por la capacitancia de empobrecimiento de emisor, es decir, la capacitancia de carga espacial asociada con la unión emisor-base para un valor particular de polarización directa, y esa capacitancia afecta a la frecuencia de corte del tran-

386515

26



sistor; un límite superior para el espaciamento viene de-  
terminado por la capacitancia de almacenamiento, ya que  
si el espaciamento es una fracción significativa de la  
parte total no agotada de la región de base activa, el al-  
macenamiento de carga en la separación entre las fajas y  
la unión emisor-base es una fracción significativa de los  
portadores de carga inyectados en la región de base, y es  
to degrada la  $f_T$  del transistor. Por consiguiente, el gra-  
do de control de que se dispone al determinar por implan-  
tación de iones la posición y configuración de dichas fa-  
jas con relación a la unión emisor-base, es un factor im-  
portante en la manufactura de tal dispositivo.

La región de emisor completa puede hacerse por di-  
fusión. No obstante, para proporcionar un control más pre-  
ciso de la posición de la parte activa de la unión emi-  
sor-base en relación con dichas fajas, al menos la parte  
activa de la región de emisor, en la unión emisor-base,  
puede formarse usando la técnica de implantación de iones.  
Cada faja puede tener una concentración de impureza máxi-  
ma relativamente alta formada por implantación de iones;  
así, las concentraciones de impureza de las partes activas  
de la región de base y de la región de emisor pueden for-  
marse de tal modo que la concentración de impureza que de-  
termina el tipo de conductividad de la región de emisor  
en su unión con las fajas tenga un valor intermedio entre  
el de las partes activas de la región de base en la unión  
emisor-base y la concentración de impureza máxima implan-  
tada de cada faja, de modo que se reduce todavía más la ca-  
pacitancia de empobrecimiento de emisor. Puesto que la ca-  
pacitancia de empobrecimiento de una unión depende del



5 gradiente de concentración de impureza neta en la unión,  
puede ser ventajoso reducir ese gradiente haciendo que la  
unión entre la región de emisor y las fajas situadas direc-  
tamente debajo de la región de emisor se produzcan donde  
la concentración de impureza que determina el tipo de con-  
ductividad del emisor varíe solo ligeramente; esto ocurre  
cerca del máximo del perfil de concentración de elemento  
de impureza de emisor. Así, cuando se forma la parte acti-  
va de la región de emisor en la unión emisor-base usando  
10 la técnica de implantación de iones, las implantaciones  
pueden efectuarse de tal modo que la unión entre la región  
de emisor y las fajas situadas directamente debajo de la  
región de emisor, tenga lugar en la proximidad de la concen-  
tración de impureza implantada máxima de la parte activa  
15 de la región de emisor.

A continuación se describirá una realización del in-  
vento, a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos es-  
quemáticos que se acompañan, en los cuales:

20 La Fig. 1 es una vista en planta al nivel de la su-  
perficie de cuerpo semiconductor de una parte de un cuer-  
po semiconductor de un transistor bipolar individual;

La Fig. 2 es una vista en planta por encima del ni-  
vel de la superficie de cuerpo semiconductor de la parte  
de la Fig. 1;

25 La Fig. 3 es una vista en corte a lo largo de la lí-  
nea X-X de la Fig. 1 y de la línea X'-X' de la Fig. 2;

Las Figs. 4, 5 y 8 son vistas en corte de la parte  
de cuerpo semiconductor, tomadas por las líneas Y-Y de la  
Fig. 1, en diferentes etapas de la manufactura;

30 La Fig. 6 es una vista en planta de la parte de la



Fig. 1 y 2 en una etapa de la manufactura;

La Fig. 7 es una vista en corte a lo largo de la línea VII-VII de la Fig. 6; y

5 La Fig. 9 es un gráfico en que se ilustran los perfiles de concentración de elemento de impureza de varias regiones semiconductoras del transistor bipolar.

10 El dispositivo semiconductor ilustrado en las Figs. 1, 2 y 3 es un transistor bipolar individual del tipo  $n-p-n$  que comprende un cuerpo de silicio monocristalino 1 en el cual están presentes regiones de emisor, de base y de colector 2, 3 y 4 respectivamente. La región 3 de base de tipo  $p$  comprende, entre las regiones de colector y de emisor de tipo  $n$  2 y 4 respectivamente, un grupo de fajas  $p^+$  mutuamente espaciadas 5 que tienen una conductividad más  
15 alta que las partes activas 6 de la región de base situadas entre las fajas  $p^+$  5 y en la unión 7 de emisor-base  $p-n$ . Solamente seis de esas fajas  $p^+$  se han ilustrado en los dibujos, para simplificar las figuras. Esas fajas  $p^+$  5 sirven para reducir la resistencia de base intrínseca  
20 del transistor. La mayoría de las fajas 5 de tipo  $p^+$  están situadas directamente debajo de la región de emisor 2.

25 La región 4 de colector de tipo  $n$  comprende parte de una capa epitaxial 8, la cual tiene una resistividad comprendida entre 0,5 y 1 ohmios-cm sobre un sustrato 9 de tipo  $n$  de alta conductividad que tiene una resistencia de 0,08 ohmios-cm. El contacto de colector se hace con la superficie mayor opuesta del sustrato 9 de alta conductividad.

30 La región 3 de base de tipo  $p$  es una región implantada de boro que forma una unión 10 de colector-base  $p-n$



con la parte de tipo n adyacente de la capa epitaxial 8. La concentración de aceptores en las fajas 5 de tipo p + de la región de base 3 se efectúa mediante iones de boro implantados y tiene un valor máximo de  $10^{19}$  átomos/cm<sup>3</sup>.

5 En una forma modificada del dispositivo ilustrado en las Figs. 1, 2 y 3, el citado valor máximo es de  $10^{20}$  átomos/cm<sup>3</sup>. La concentración de aceptores en las partes activas 6 de la región de base 3 es del orden de  $10^{17}$  átomos de boro/cm<sup>3</sup>. La posición de la concentración de aceptores  
10 máxima de cada faja 5 está espaciada de la unión 7 emisor base p-n para reducir la capacitancia de empobrecimiento de emisor. Las fajas 5 del tipo p<sup>+</sup> de la región de base 3 se extienden longitudinalmente más allá de la región de emisor 2, a lo largo de direcciones mutuamente parale-  
15 las, y la mayoría de las fajas 5 terminan en las regiones 11 de contacto difundido p<sup>+</sup> de alta conductividad en la región de base 3.

La región de emisor 2 es, en su parte principal, una región difundida de fósforo; no obstante, la parte  
20 principal de la concentración de donadores en la unión emisor-base 7 se obtiene mediante iones de fósforo implantados y es del orden de  $10^{19}$  átomos/cm<sup>3</sup>. En la citada forma modificada del dispositivo esta concentración de donadores es de  $10^{18}$  átomos/cm<sup>3</sup>.

Sobre la superficie de la capa epitaxial 8 hay presen-  
25 te una capa aislante y de pasivación, que comprende un diseño 12 de capa de sílice delgada rodeada por un diseño 13 de capa de sílice gruesa. El escalón entre los diseños 12 y 13 se ha designado por el número 14 en las figs. 2 y 3. La región de emisor 2 y las regiones de contacto de  
30 base 11 están puestas en contacto en la superficie de la

3865 15

26 EN



capa epitaxial 8 a través de aberturas 15 y 16 en el diseño 12 de capa de sílice delgada, mediante partes de dedo de electrodos de contacto de emisor y de base 17 y 18, respectivamente. Las partes de dedo de los electrodos de contacto 17 y 18 forman una estructura interdigitada, y cada uno de los electrodos de contacto 17 y 18 se extiende sobre los diseños 12 y 13 de capa aislante para terminar en un área de contacto agrandada sobre el diseño 13 de capa de sílice gruesa.

10 El dispositivo semiconductor ilustrado en las Figs. 1 a 3 se manufactura como sigue:

15 El material de partida es un cuerpo de silicio monocristalino de tipo  $n$  consistente en el sustrato 9 de tipo  $n^+$  de una resistividad de 0,008 ohmios-cm y 200 micras de grueso sobre el cual hay formada por crecimiento epitaxial una capa 8' epitaxial de tipo  $n$  que tiene una resistividad comprendida entre 0,5 y 1 ohmios-cm, y un grueso comprendido entre 3 y 5 micras. El cuerpo de silicio tiene sus superficies principales perpendiculares a la dirección (111).

20 En general, se manufacturan varios transistores bipolares individuales a partir de una pastilla de semiconductor común formando para ello una serie ordenada de elementos de transistor simultáneamente sobre la pastilla, y dividiendo la pastilla para formar cuerpos semiconductores individuales para cada transistor individual. No obstante, el método de fabricación aquí descrito con referencia a las Figs. 4 a 9 se referirá al cuerpo semiconductor para un transistor individual, en vez de a toda la pastilla semiconductor. Será evidente que cuando se haga referencia a fases tales como de técnicas de ataque fotolitográ-

25  
30



5      fíco y químico, de difusión, de implantación y de recoci-  
do, estas operaciones se efectúan ya sea simultáneamente  
en una pluralidad de puntos en la pastilla o en toda la  
pastilla, de modo que se forman una pluralidad de elemen-  
tos de transistor individuales, los cuales se separan di-  
vidiendo la pastilla en una última etapa de la manufac-  
tura.

10      Sobre la superficie de la capa epitaxial 8' se hace  
crecer una capa 13' de óxido de silicio de aproximadamente  
0,6 micras de grueso, manteniendo para ello el cuerpo a  
1.200°C en una corriente de oxígeno húmedo. Mediante una  
operación de técnica de ataque fotolitográfico y químico,  
se forman dos aberturas rectangulares de aproximadamente  
4 micras por 20 micras en la capa 13' de óxido de silicio  
15      para exponer partes superficiales de la capa 8' epitaxial  
de tipo n que está debajo.

20      Se pone el cuerpo en un horno de difusión y se man-  
tiene a una temperatura de aproximadamente 1100°C en una  
corriente de gas que contiene boro, que se obtiene de  
una fuente de bióxido de boro. Ello da por resultado la  
difusión térmica del boro en las partes de superficie  
expuestas de la capa epitaxial 8', para formar en la  
capa epitaxial 8' de tipo n regiones 11 de contacto de  
base difundidas de tipo p. La capa 13' de óxido de sili-  
cio enmascara las partes de superficie que hay debajo  
25      de la capa epitaxial 8', protegiéndolas contra la difu-  
sión. La concentración en la superficie de boro difundi-  
do es de al menos  $10^{19}$  átomos/cm<sup>3</sup>. La estructura resultan-  
te se ha ilustrado en la Fig. 4.

30      Durante la difusión del boro, las partes de super-

386515



ficie expuestas de la capa epitaxial 8' quedan cubiertas con una delgada capa de vidrio de borosilicato. Se saca el cuerpo del horno de difusión y se eliminan el vidrio de borosilicato y partes de la capa 13' de sílice gruesa mediante una fase de ataque fotolitográfico y químico para formar el diseño 13 de capa de sílice gruesa con una abertura rectangular de 25 micras por 30 micras, la cual define subsiguientemente la unión p-n de colector-base 10 del transistor. Se hace crecer otra capa de sílice de un grueso de 0,2 micras en la abertura en el diseño 13 de capa de gruesa sílice, cuyo diseño 13 de capa se engrosa simultáneamente. Mediante la operación de ataque fotolitográfico y químico se forma una abertura rectangular 15 de 3 micras por 20 micras en la otra capa de sílice para formar un diseño 12' de capa de sílice delgada y exponer una parte de superficie de tipo n de la capa epitaxial 8' situada entre las dos regiones de contacto de base difundidas 11. Las dos regiones de contacto de base 11 están situadas debajo del diseño 12' de capa de sílice delgada.

20 Se pone el cuerpo en un horno de difusión y se mantiene a 900°C en una corriente de gas que contiene fósforo, el cual se obtiene de la fosfina. Ello da por resultado la difusión de átomos de fosforo en la parte de superficie del tipo n expuesta, para formar una región 2' de tipo n<sup>+</sup> de alta conductividad adyacente a la superficie. El diseño 12' de capa de sílice enmascara las partes adyacentes de la capa epitaxial contra difusión. La concentración superficial de fósforo difundido es de aproximadamente 10<sup>20</sup> átomos/cm<sup>3</sup>. Hay una tendencia a que se produzca una inflexión en el perfil de la concentración de fósforo difun-

30



dido resultando así una baja concentración de fósforo y un bajo gradiente de concentración en las proximidades de la unión entre la región 2' de tipo  $n^+$  de alta conductividad y la parte de tipo  $n$  adyacente de la capa epitaxial 8'. La estructura del cuerpo resultante se ha ilustrado en la Fig. 5. Durante la fase de difusión, se forma una delgada capa de vidrio de fosfosilicato sobre la parte de superficie de silicio expuesta y sobre la superficie de los diseños 12' y 13' de capas de óxido de silicio.

10 Durante las etapas subsiguientes, se forman las concentraciones de aceptores de las partes de la región de base 3 y se modifica sustancialmente el gradiente de concentración de donadores en la unión resultante emisor-base  $p-n$  por implantación de átomos de boro y de fósforo respectivamente, usando técnicas de bombardeo con iones.

15 El grupo de fajas 5 de tipo  $p^+$  de alta conductividad de la región de base 3 se obtiene por implantación selectiva de iones de boro de 100 keV. Se forma primeramente una capa de cromo por depósito sobre los diseños 12' y 13' de 20 capas de óxido de silicio y sobre la capa de vidrio de fosfosilicato, y se define su periferia exterior sobre el diseño 13 de capa de sílice gruesa mediante una fase de ataque fotolitográfico químico. Sobre la capa de cromo se forma una capa de polimetilmetacrilato (PMMA), la cual es una 25 reserva positiva sensible a los electrones. Explorando selectivamente la capa de PMMA con un haz de electrones enfocado, se bombardean partes rectangulares estrechas paralelas entre sí de la capa de PMMA que se extienden sobre áreas del cuerpo aproximadamente entre las dos regiones 30 de contacto de base 11 y esas partes rectangulares bombar-

# 386515



deadas se disuelven subsiguientemente en un disolvente adecuado. El resto del diseño de capa de PMMA se endurece y actúa como una máscara durante una etapa subsiguiente de ataque químico, para formar un diseño 20 de capa de cromo que  
5 tiene la estructura ilustrada en las Figs. 6 y 7. A través de aberturas rectangulares 21 en el diseño 20 de capa de cromo se exponen partes superficiales del diseño 12' de capa de óxido de silicio delgada y el vidrio de fosfosilicato en la abertura 15 del diseño 12' de capa de sílice del-  
10 gada. El diseño 20 de capa de cromo actúa como una máscara para la implantación selectiva de átomos de boro, para formar las fajas 5 de tipo  $p^+$  de alta conductividad que se extienden entre las dos regiones 11 de contacto de base.

Se coloca el cuerpo en la cámara de blanco de un aparato de bombardeo con iones y, como se ha indicado mediante la flecha en la Fig. 7, se bombardea a baja temperatura con iones de boro de 100 keV. La fuente de iones de boro consiste en tricloruro de boro. La orientación del cuerpo es tal que existe un ángulo de  $72^\circ$  entre el eje del haz de  
15 iones y la dirección (111) del cristal de sílice. La dosis de iones de boro es como mínimo de  $10^{15}$  átomos/cm<sup>2</sup>.

Los iones de boro de 100 keV son incapaces de penetrar en el diseño 20 de capa de cromo densa, pero pueden penetrar tanto en el diseño 12' de capa de sílice delgada  
25 como en el vidrio de fosfosilicato. Los iones de boro implantados producen daños considerables a la red del cristal de silicio hacia el final del alcance de los iones, y se forman regiones amorfas 5' en el cuerpo de silicio, por lo demás monocristalino, véase la Fig. 7. Con estas  
30 regiones amorfas hay asociadas gran número de vacantes,



de modo que este tratamiento permite que un gran número de átomos de boro llene las vacantes y ocupen así posiciones de sustitución en la red durante un subsiguiente tratamiento de recocido, por ejemplo a 800°C. De esta manera se obtiene una alta concentración de boro selectivamente en la capa epitaxial 8' para formar las fajas 5 de tipo p<sup>+</sup>, y dependiendo del valor exacto de la dosis de iones y del tiempo que dure el bombardeo, el valor máximo de la concentración de boro asociado con cada faja 5 así formada puede ser de 10<sup>19</sup> átomos/cm<sup>3</sup> o en la forma modificada del dispositivo de 10<sup>20</sup> átomos/cm<sup>3</sup>.

El uso del diseño de capa de cromo 20 como una máscara para definir las fajas 5, da por resultado altos gradientes de concentración de boro tanto transversal como longitudinalmente en el borde de las fajas 5. El gradiente de concentración a través de la profundidad de cada faja 5 viene determinado por la desviación del alcance de los iones de boro de bombardeo de 100 keV en la capa epitaxial de silicio 8'y, en general, ese gradiente de concentración no tiene un valor tan alto. No obstante, en la región de capa epitaxial 8' que está directamente debajo de la región 2' de tipo n<sup>+</sup> de alta conductividad, la concentración máxima de boro asociada con cada faja está situada a una profundidad desde la superficie de aproximadamente 0,33 micras, mientras que las concentraciones de boro a 0,15 micras menos de profundidad y a 0,15 micras más de profundidad son más pequeñas, con un factor de reducción de 10. Por consiguiente, se forman en la capa epitaxial 8' fajas 5 de tipo p<sup>+</sup> de alta conductividad relativamente bien definidas. El alcance de los iones en el silicio

3865 15



y en la sílice es sustancialmente el mismo, por lo que la profundidad a partir de la superficie de silicio de la concentración de boro máxima de cada faja 5 que se extiende por debajo del diseño 12' de capa de sílice delgada y más allá del área que hay directamente debajo de la región 2' de tipo n<sup>+</sup> de alta conductividad, es de aproximadamente 0,13 micras.

Subsiguientemente se quita el diseño 20 de capa de cromo por ataque químico para exponer todo el diseño 12' de capa de sílice delgada. Se vuelve a poner el cuerpo en la cámara de blanco del aparato de bombardeo con iones y, como se ha indicado mediante flechas en la Fig. 8, se bombardea primeramente con una dosis más baja de iones de boro y subsiguientemente con iones de fósforo. La fuente de iones de boro consiste en tricloruro de boro, y la fuente de iones de fósforo en tricloruro de fósforo. La orientación del cuerpo es sustancialmente la misma que en el anterior bombardeo con boro.

El bombardeo con boro se efectúa en una o más fases con energías comprendidas en el margen de 60 a 90 keV, y la dosis de iones es del orden de  $10^{12}$  átomos/cm<sup>3</sup>. Los iones de boro con 60 a 90 keV son incapaces de penetrar en el diseño 13 de capa de sílice gruesa, pero pueden penetrar en el diseño 12 de sílice delgada. Los iones de boro son implantados selectivamente en la capa epitaxial 8', estando determinados los límites de la región implantada por el escalón 14 entre los diseños 13 y 12' de capas de sílice gruesa y delgada. Después de un tratamiento de recocido a 800°C, esos iones de boro implantados forman la concentración de aceptores de las partes activas 6 de la región de



base 3 de tipo p resultante, cuya concentración es del orden de  $10^{17}$  átomos/cm<sup>3</sup>. La profundidad de la unión p-n de colector-base formada con las partes de tipo n adyacentes de la capa epitaxial 8'es de aproximadamente 0,6 micras en las proximidades de una faja 5, y de 0,45 micras en las partes activas de la región de base entre las fajas 5. La diferencia de profundidad en la unión tiende a introducir efectos no deseables asociados con la naturaleza no planar de la unión colector-base resultante, y puede reducirse usando una energía media menor para la implantación de las fajas que para la implantación de otras partes de la región de base.

La energía de implantación de los iones de fósforo es de 70 keV, y la dosis es de aproximadamente  $10^{14}$  átomos/cm<sup>3</sup>. Los iones de fósforo de 70 keV son incapaces de penetrar en ninguno de los diseños 12'y 13 de capas de sílice. Por consiguiente, la implantación de los iones de fósforo en el cuerpo se produce en las abertura 15 en el diseño 12' de capa de sílice delgada, asociada con la región 2'de tipo n<sup>+</sup> previamente difundida. Después de un tratamiento de recocido a 600°C, el valor máximo de los iones de fósforo implantados es de  $10^{19}$  átomos/cm<sup>3</sup>, y se produce una profundidad a partir de la superficie, de aproximadamente 0,085 micras. La región de tipo n<sup>+</sup> resultante es la región de emisor del transistor. De esta manera, se obtiene la mayor parte de la concentración de donadores en la unión 7 emisor-base p-n mediante iones de fósforo implantados en vez de difundidos. La profundidad de la unión 7 resultante de emisor-base en las proximidades de una faja 5 de la región de base 3 es de aproximadamente 0,16 micras, y en las par-

386515

26 EN



tes activas 6 de la región de base 3 entre las fajas 5 es de aproximadamente 0,15 micras.

5 En la manufactura de la citada forma modificada del dispositivo, la energía de los iones de fósforo de bombardeo es mayor que 70 keV, de modo que el valor máximo de los iones de fósforo implantados está situado a una mayor profundidad desde la superficie. El tiempo de bombardeo y/o la dosis de iones son menores, de modo que el citado valor máximo está comprendido entre el de la concentración máxima de cada faja 5 (aproximadamente  $10^{20}$  átomos/cm<sup>3</sup>) y el de la concentración máxima de otras partes 6 de la región de base 3 (aproximadamente  $10^{17}$  átomos/cm<sup>3</sup>), por ejemplo, de aproximadamente  $10^{18}$  átomos/cm<sup>3</sup>. De esta manera se reduce el gradiente de concentración de elemento de impureza neta en la unión emisor-base 7, y se reduce todavía más la capacitancia de empobrecimiento de emisor.

15 En la Fig. 9 se han ilustrado varios perfiles de concentración de elemento de impureza, y en ella el eje vertical representa la concentración de elemento de impureza en átomos/cm<sup>3</sup> y el eje horizontal representa profundidad en micras a partir de la superficie de silicio en la abertura 15. El perfil de fósforo difundido se ha designado por A; el perfil de implantación de iones de boro de 100 keV se ha designado por B y en la forma modificada, que tiene la concentración más alta por B'; el perfil de implantación de los iones de boro de 60 a 90 keV se ha designado por C; el perfil de implantación de iones de fósforo de 70 keV se ha designado por D, y en la forma modificada con iones de fósforo, de energía más alta y menor concentración, por D'.



Se hace contacto con la región 2 de emisor de tipo n mediante la denominada "técnica de emisor socavado", en la cual se forma el electrodo 17 de contacto de emisor en la misma abertura 15 en el diseño 12 de capa de silicio que la que se empleó para difusión selectiva e implantación en la formación de la región de emisor 2. Puede emplearse esa técnica dado que la extensión lateral de los átomos de fósforo difundidos en la superficie hace que la unión 7 emisor-base p-n termine en la superficie por debajo del diseño 12' de capa de sílice delgada, impidiendo así que se forme un cortocircuito a través de la unión por el electrodo 17 de contacto de emisor. Se quitan las restantes partes de la capa de vidrio de fosfosilicato delgada para volver a exponer la parte de superficie de la región 2 de emisor de tipo n en la abertura 15, sumergiendo el cuerpo en una solución muy débil de ácido fluorhídrico durante unos segundos. Mediante otra fase de ataque fotolitográfico y químico se forman dos aberturas rectangulares 16, cada una de aproximadamente 3 micras por 20 micras, en el diseño 12' de capa de sílice delgada, para exponer partes superficiales de las dos regiones 11 de contacto de base de tipo p.

Luego se deposita una capa de aluminio de 0,5 micras de grueso sobre toda la superficie. La capa de aluminio se elimina selectivamente mediante un ataque fotolitográfico y químico para dejar los electrodos interdigitados de emisor y de contacto de base 17 y 18 respectivamente.

Después de dividir la pastilla, se monta en una envuelta el cuerpo que comprende el elemento de transistor. Se efectúan conexiones a las áreas de unión de emisor y ba

386515

26



se, y se efectúa encapsulación de la manera usual.

Será evidente que en la realización descrita, a modo de ejemplo, el orden de las operaciones de tratamiento de difusión y de implantación se elige de tal modo que las  
5 temperaturas que intervengan lo sean en orden descendente y los procesos sean esencialmente independientes. Además, será evidente que son posibles muchas modificaciones de esta realización sin rebasar el alcance del invento. Si se desea, en el dispositivo de las Figs. 1 a 3 puede supri-  
10 mirse la faja 5 de tipo  $p^+$  situada por completo más allá del área que está directamente debajo de la región de emisor 2, de modo que todas las fajas 5 de tipo  $p^+$  mutuamente espaciadas estén situadas directamente debajo de la región de emisor 2. En general, aquellas partes de las fajas de  
15 tipo  $p^+$  situadas debajo del centro de la región de emisor 2 llevan poca corriente y únicamente contribuyen a la capacitancia de empobrecimiento del emisor; así, en ciertos casos, esas partes de las fajas de tipo  $p^+$  pueden supri-  
20 mirse, teniendo las fajas resultantes discontinuas una ruptura intencionada alineada aproximadamente con el centro de la región de emisor; tales fajas 5 de tipo  $p^+$  mutuamente espaciadas y discontinuas de la región de base 3 que se extienden desde debajo de la región de emisor 2, si-  
25 guen sirviendo como uno o más circuitos de baja resistencia para contribuir a la circulación de corriente de base entre las partes activas 6 de la región de base 3 y el electrodo o los electrodos de contacto de base 18.

Esta solicitud que corresponde a las presentadas en Gran Bretaña el 18 de Diciembre de 1969, bajo el Número  
30 61729/69 y el 28 de Octubre de 1970 (completa), se acoge



a los beneficios del artículo 51 del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.

- REIVINDICACIONES -

5 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:

10 1º.- Un método de manufacturar un dispositivo semiconductor que comprende un cuerpo semiconductor en el cual están presentes regiones de emisor, de base y de colector de un transistor bipolar, siendo la región de base del tipo de conductividad opuesto al de las regiones de emisor y de colector y comprendiendo fajas mutuamente espaciadas que están situadas debajo de la región de emisor y tienen  
15 una conductividad más alta que una parte activa de la región de base situada entre ellas, caracterizado porque, utilizando la técnica de implantación de iones, se implantan selectivamente átomos de impurezas características de dicho tipo de conductividad en el cuerpo semiconductor a  
20 través de la parte de cuerpo en que va a estar situada, o está situada, la región de emisor, haciéndose la selectividad de la implantación de tal modo que los átomos de impurezas así implantados tengan concentraciones máximas mutuamente espaciadas en el cuerpo de semiconductor, y  
25 eligiéndose la energía de los iones de bombardeo tal que

386515



las concentraciones máximas ocurran a una profundidad mayor que aquella a la cual ha de disponerse, o está dispuesta, la unión emisor-base, formando los átomos de impurezas así implantados dichas fajas mutuamente espaciadas de la región de base.

5

22.- Un método según la reivindicación 1, caracterizado porque el espaciamiento mutuo de dichas fajas se efectúa usando un haz de iones enfocado dirigido selectivamente a la superficie del cuerpo semiconductor.

10

32.- Un método según la reivindicación 1, caracterizado porque un diseño reticular de capas de enmascaramiento está presente en la superficie bombardeada para enmascarar partes de la superficie del cuerpo semiconductor contra la implantación de iones para determinar el espaciamiento mutuo de las fajas.

15

42.- Un método según la reivindicación 3, caracterizado porque el diseño reticular de capas de enmascaramiento tiene una estructura definida por técnicas fotolitográfica y de grabado químico.

20

52.- Un método según la reivindicación 3, caracterizado porque el diseño reticular de capas de enmascaramiento tiene una estructura definida por técnicas de enmascaramiento y ataque químico usando una reserva sensible a los electrones.

25

62.- Un método según cualquiera de las reivindicaciones 3 a 5, caracterizado porque el diseño reticular de capa de enmascaramiento es de un metal pesado.

30

72.- Un método según la reivindicación 3, caracterizado porque el diseño reticular de capa de enmascaramiento es de un material formado usando el bombardeo



con haz de electrones de partes de una capa sensible a los electrones.

5 82.- Un método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque se usa una dosis de iones suficientemente alta para la implantación de iones para hacer amorfas las áreas del cuerpo semiconductor monocristalino donde se prevén las fajas.

10 92.- Un método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque el valor máximo de la concentración de elementos de impureza que determina el tipo de conductividad de cada una de las capas formadas es, por lo menos, mayor en un orden de magnitud que el proporcionado para las partes activas de la región de base en la unión emisor-base y entre dichas fajas.

15 102.- Un método según la reivindicación 9, caracterizado porque dicho valor máximo es mayor en, por lo menos, dos órdenes de magnitud que el de las partes activas de la región de base en la unión emisor-base y entre dichas fajas.

20 112.- Un método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque la concentración de los elementos de impureza que determinan el tipo de conductividad prevista para partes activas de la región de base en la unión emisor-base y entre dichas fajas es del orden de  $10_{17}$  átomos/c.c.

25 122.- Un método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque en la formación de las fajas, los átomos de impureza característicos de dicho tipo de conductividad opuesto se implantan selectivamente en el cuerpo semiconductor a través de la par-  
30

386515



te del cuerpo en que ha de hacerse, o está hecha, la región de emisor y a través de partes adyacentes del cuerpo de manera que dichas fajas se extiendan longitudinalmente desde debajo de la región de emisor.

5           13<sup>a</sup>.- Un método según la reivindicación 12, caracterizado porque dichas fajas se forman por implantación selectiva a través de partes de un diseño de capas de enmascaramiento previsto en la superficie del cuerpo semiconductor para enmascarar partes del cuerpo semiconductor protegíéndolas contra la introducción de átomos de impurezas asociados con la región de emisor.

10           14<sup>a</sup>.- Un método según las reivindicaciones 12 o 13, caracterizado porque las regiones de contacto de base de elevada conductividad están previstas en la superficie del cuerpo semiconductor mas allá de la parte de cuerpo donde ha de hacerse, o está hecha, la región de emisor, y dichas fajas formadas se extienden a lo largo de direcciones mutuamente paralelas y terminan en las regiones de alta conductividad de contacto de la base.

15           15<sup>a</sup>.- Un método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque por lo menos la parte activa de la región de emisor en la unión emisor-base se forma usando implantación de iones.

20           16<sup>a</sup>.- Un método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque las concentraciones de impurezas de las partes activas de la región de base y de la región de emisor se hacen de tal modo que la concentración de impureza que determina el tipo de conductividad de la región de emisor en su unión con las fajas tiene un valor entre el de las partes activas

386515

26 ENE



de la región de base en la unión emisor-base y la máxima concentración de impurezas implantada de cada faja.

5 17º.- Un método según la reivindicación 16, cuando esté subordinada a la reivindicación 15, caracterizado porque las implantaciones se efectúan de tal manera que la unión entre la región de emisor y las fajas situadas directamente bajo la región de emisor ocurre en las proximidades de la máxima concentración de impurezas implantada de la parte activa de la región de emisor.

10 18º.- Un método de manufacturar un dispositivo semiconductor.

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.

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

Madrid,

26 ENE 1971

P.A.

*Arturo*  
Firma

*ME*

386515

26 FEB 1967

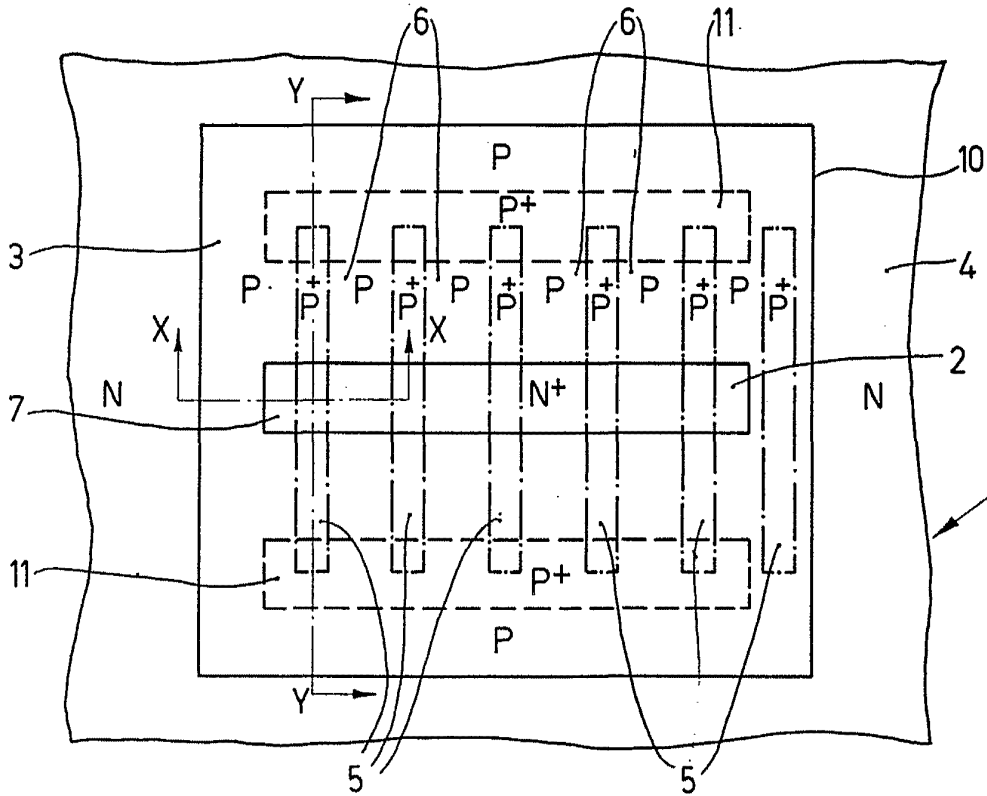


Fig. 1

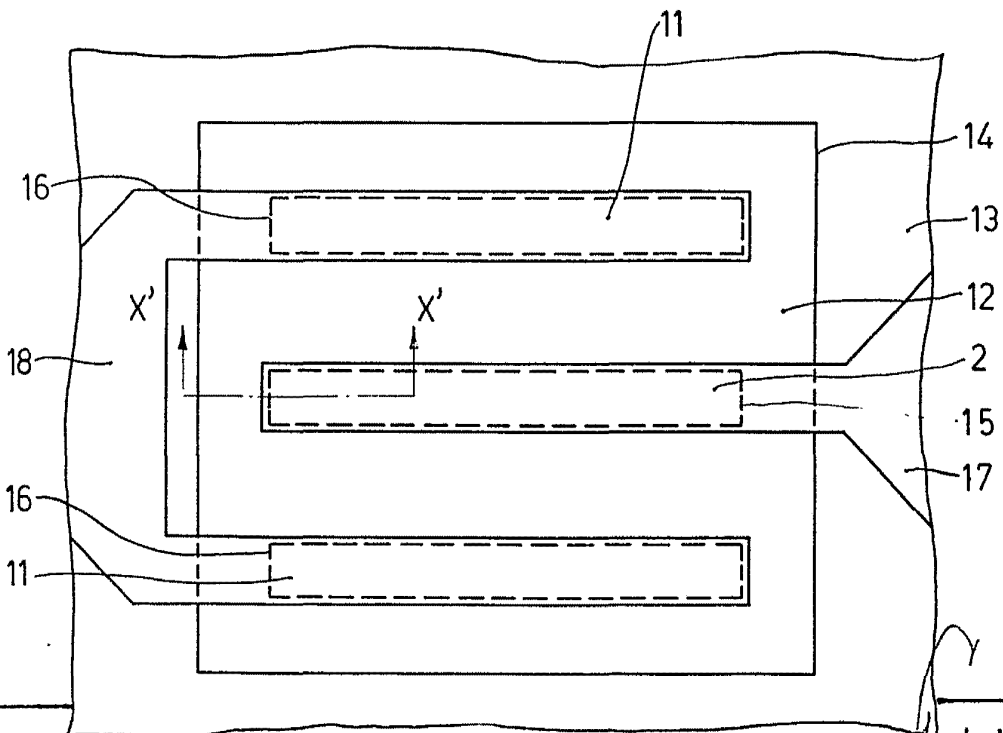


Fig. 2

Alberto...  
For Power.

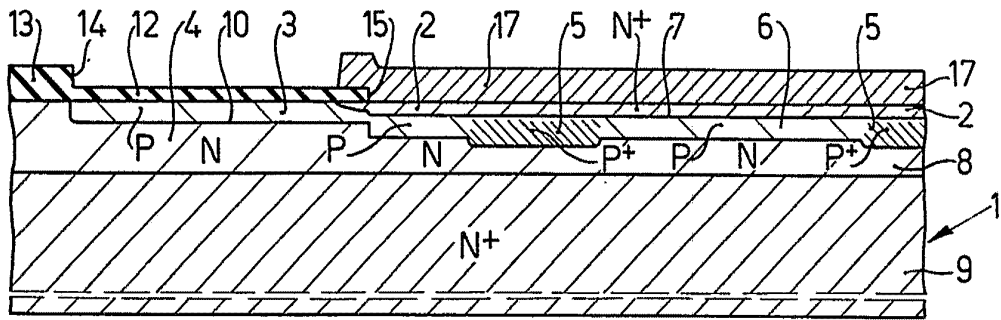


Fig.3

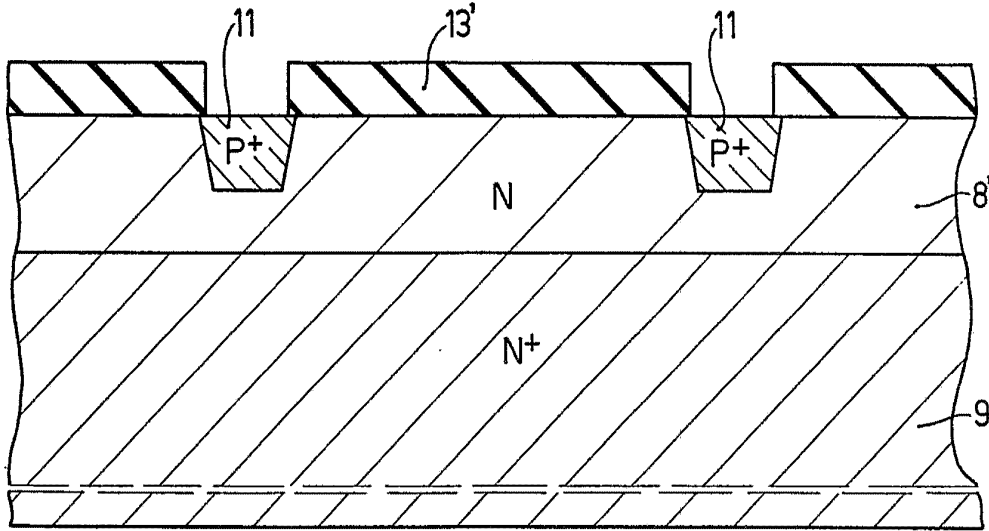


Fig.4

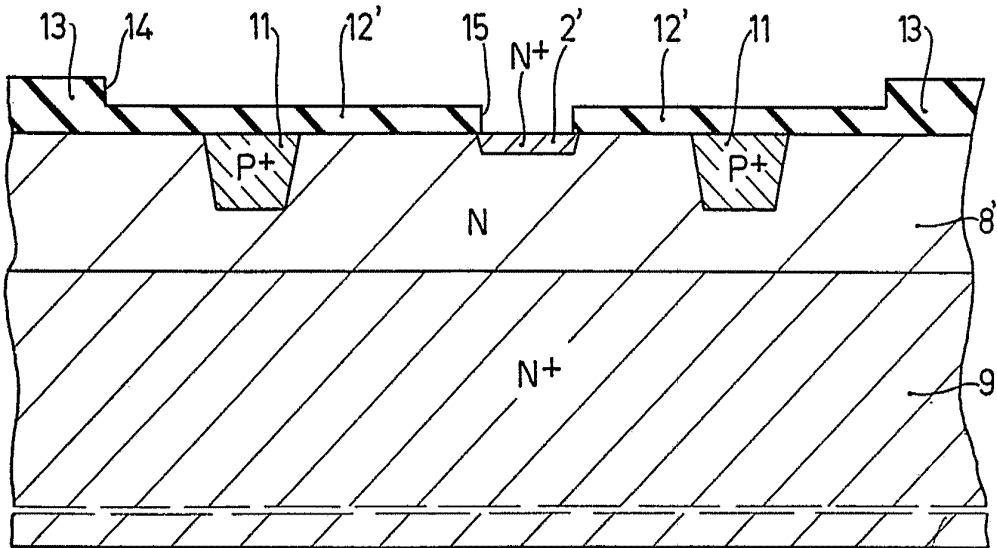


Fig.5

*Handwritten signature or initials.*

43301

26

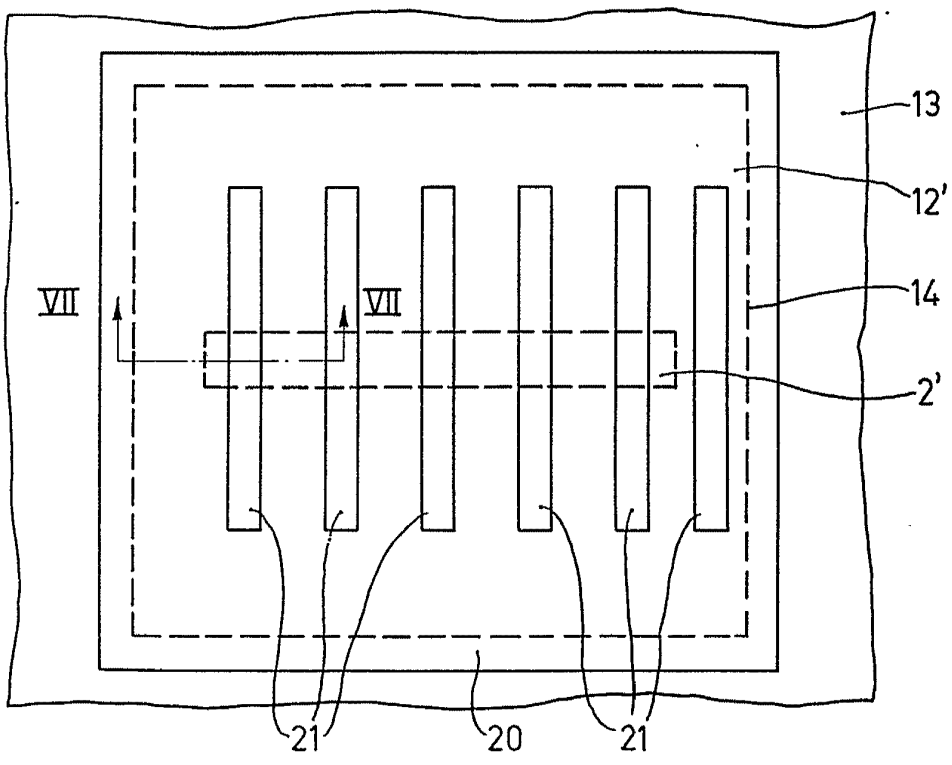


Fig.6

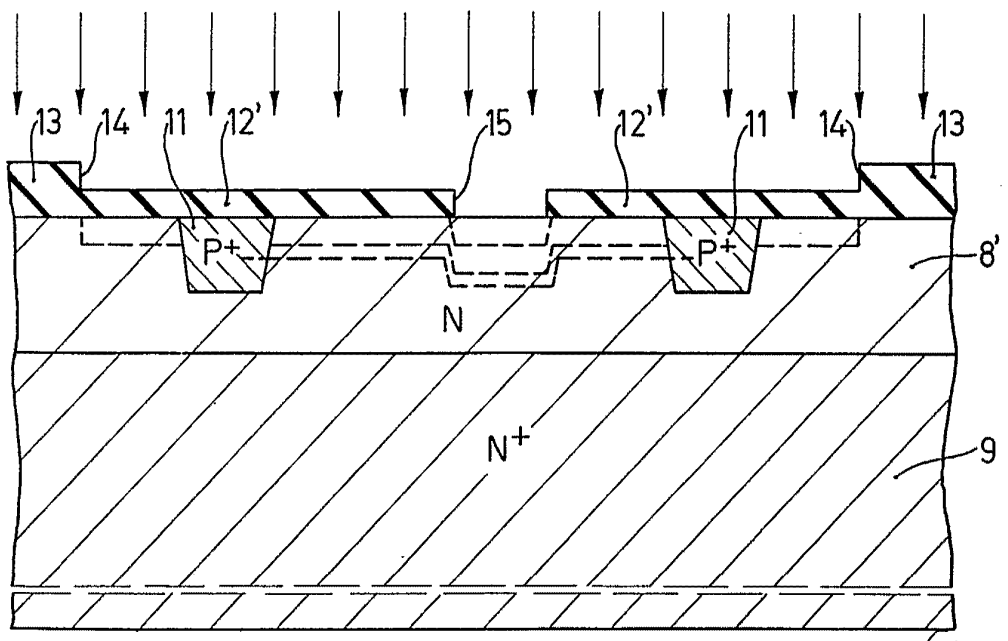


Fig.8

*Handwritten signature and text.*

386515

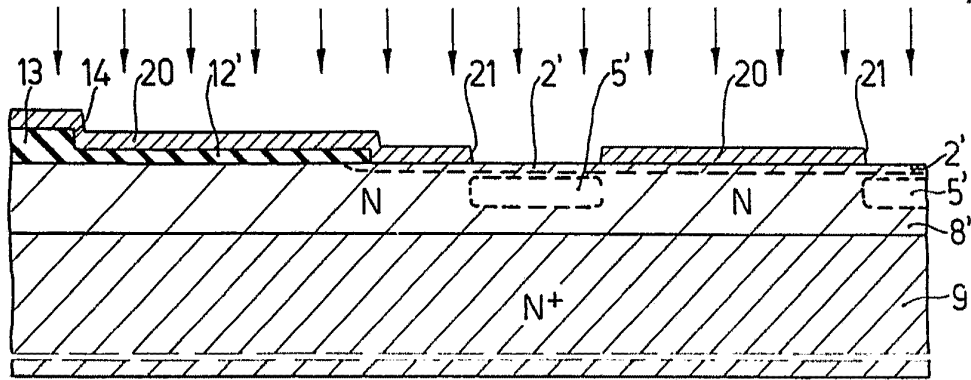


Fig.7

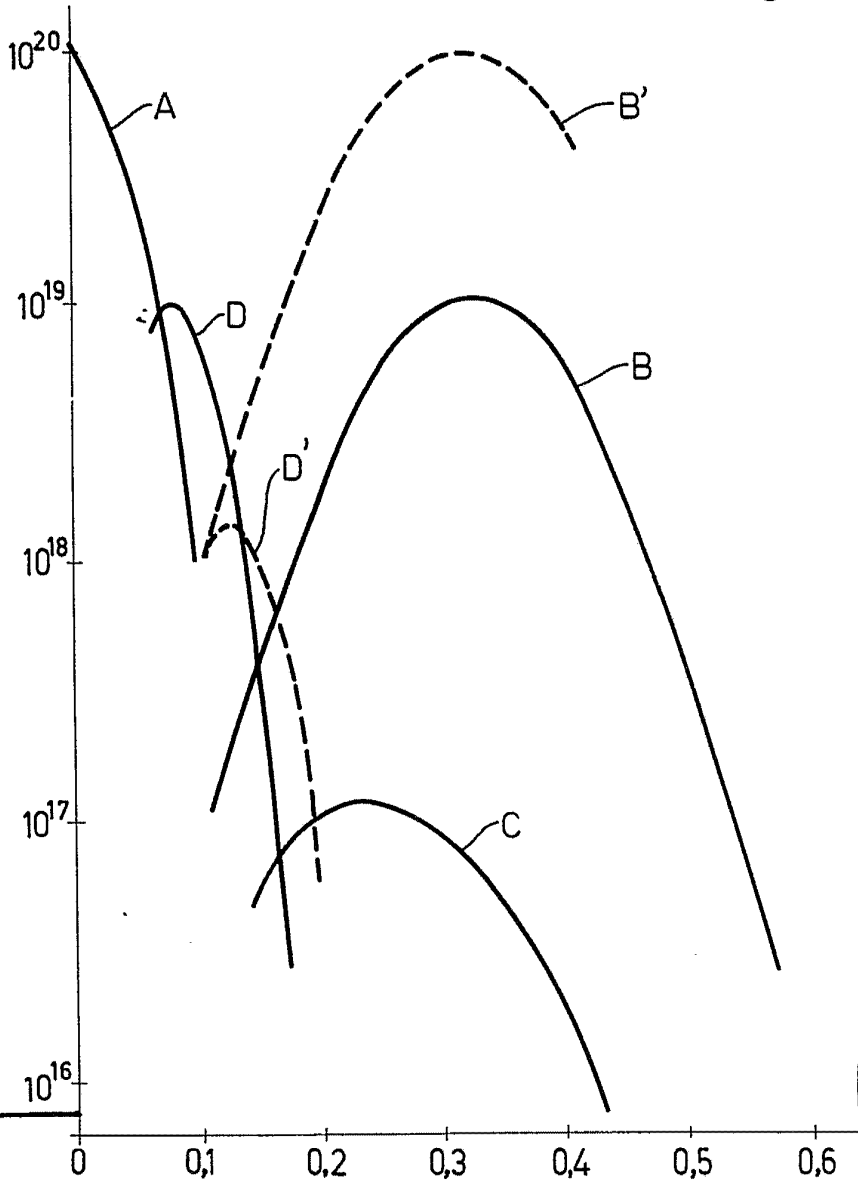


Fig.9

*Whe*