

385996

P.- 46.464

PHB 32014
Spain
EV/EV



20 ENE 19

Memoria descriptiva

SECCION TECNICA
CLASIFICACION I.P.C.
CLASE H 01
SUBCLASE L

para solicitar PATENTE DE INVENCION por 20 años

a nombre de N.V. PHILIPS 'GLOELAMPENFABRIEKEN

entidad / ~~de nacionalidad~~ holandesa

con domicilio en Emmasingel 29, Eindhoven, Holanda

por: "UN METODO DE FABRICAR UN DISPOSITIVO SEMICONDUCTOR"
(Clase Internacional H01)

16.11.971

385996

20 ENE



5 El invento se refiere a un método de fabricar un dispositivo semiconductor, que comprende la formación de una región semiconductor de un tipo de conductividad contigua a una superficie de un cuerpo semiconductor, en el que la mayor parte de la concentración de impurezas de este tipo de conductividad de una parte de la región adyacente a la superficie se consigue por un procedimiento distinto de la implantación iónica. El invento se refiere además, a dispositivos semiconductores que pueden ser fabricados por tales métodos, particular pero no exclusivamente a dispositivos semiconductores consistentes en un transistor bipolar de alta frecuencia o un circuito integrado semiconductor que incluye un transistor bipolar de alta frecuencia como uno de los elementos del circuito.

10
15 En la fabricación de dispositivos semiconductores, comprendiendo la formación de una región semiconductor de un tipo de conductividad contigua a una superficie del cuerpo semiconductor, es conocido disponer enteramente la región mediante implantación iónica; es conocido también proporcionar tal región por un procedimiento distinto de la implantación iónica, por ejemplo, por difusión térmica o por crecimiento epitaxial localizado. Además, se conoce disponer una parte de tal región adyacente a la superficie por un procedimiento distinto de la implantación iónica y formar una extensión lateral de la parte adyacente a la superficie disponiéndolo una parte de la región adyacente a la superficie, somera, contigua, por implantación iónica. Tal método conocido puede emplearse en la fabricación de transistores de efecto de campo de electrodo de mando aislado, por ejemplo, como se describió

20
25
30

385996

20 ENE



5 en un artículo de J.M. Shannon y colab, en Electronics, del
3 de Febrero de 1969, págs. 96 a 100; las regiones de en-
trada y la salida del transistor de efecto de campo de puer-
ta aislada son dos regiones superficiales semiconductoras
yuxtapuestas y mutuamente espaciadas de un tipo de conduc-
tividad de un cuerpo semiconductor; difundiendo térmicamen-
te átomos de impurificación de entrada y de salida se pro-
veen partes de estas dos regiones adyacentes a la superfi-
cie, mutuamente alejadas, que en el dispositivo fabricado
10 son partes de contacto de entrada y de salida muy conduc-
toras, que están en contacto con los electrodos de entrada
y de salida; subsiguientemente, se implantan iones de im-
purificación de entrada y de salida para formar partes de
estas dos regiones adyacentes a la superficie, someras,
15 mutuamente adyacentes, para determinar extremos mutuamente
adyacentes de las regiones de entrada y de salida y definir
así entre ellas la región de canal del transistor de efec-
to de campo de puerta aislada.

20 De acuerdo con el presente invento, se crea
un método de fabricar un dispositivo semiconductor, que
comprende la formación de una región semiconductor de un
tipo de conductividad contigua a una superficie de un cuer-
po semiconductor, en el que la mayor parte de la concentra-
ción de impurezas de este tipo de conductividad de una par-
te de la región adyacente a la superficie se obtiene por
25 un procedimiento distinto de la implantación iónica, y se
implantan iones de impurezas característicos de este tipo
de conductividad a través de la superficie del cuerpo semi-
conductor para proporcionar la mayor parte de la concentra-
30 ción de impurezas de dicho tipo de conductividad de una

385996

20 EN



parte de la región alejada de la superficie, sustancialmente en forma de capa, que se extiende sustancialmente paralela a la superficie del cuerpo semiconductor, se encuentra bajo dicha parte adyacente a la superficie, forma una unión p-n con una parte del cuerpo semiconductor que se encuentra debajo, del tipo de conductividad opuesto, y separa dicha parte adyacente a la superficie de dicha unión p - n.

La combinación de la implantación iónica y de un procedimiento distinto de ella, permite ejercer un ma yor control sobre la concentración y el gradiente de concentración de los átomos de impurezas del primer tipo de conductividad en partes de la región semiconductor formadas a distintos niveles.

La implantación iónica permite un control considerablemente más preciso de la concentración de impurezas y del gradiente de concentración a un nivel más profundo dentro del cuerpo de lo que es posible con muchos otros procedimientos distintos de la implantación iónica. La profundidad de implantación viene determinada por la energía de los iones de impurezas que bombardean, mientras que la concentración de las impurezas implantadas viene determinada por la dosis de iones y el tiempo de bombardeo; estos parámetros de la energía de los iones, de la dosis de estos y del tiempo de bombardeo pueden controlarse exactamente. Así, el proporcionar mediante implantación iónica al menos la mayor parte de la concentración de impurezas del primer tipo de conductividad en la parte de la región alejada de la superficie, que forma dicha unión p - n con una parte del cuerpo semiconductor que se encuentra debajo

385996

20 ENE 1971



5 puede representar una ventaja considerable en la fabricación de dispositivos semiconductores que requiere una concentración de impurezas y un gradiente de concentración bien especificados en dicha unión p - n; de esta forma,
10 es posible controlar exactamente la posición de dicha unión p - n formada, y controlar su forma controlando la de la parte alejada de la superficie en función de la distribución de los átomos de impurezas implantados en relación con las concentraciones de impurezas ya previstas o que se han de prever subsiguientemente. Mediante la implantación a través de una zona de iones con un valor de energía o espectro seleccionado, los átomos de impurezas implantados pueden tener una concentración máxima lejos de la superficie y formar, por tanto, una capa enterrada que se
15 extiende sustancialmente paralela a la superficie del cuerpo semiconductor.

20 Sin embargo, la concentración de impurezas y el gradiente de concentración del primer tipo de conductividad requerida en la parte de la región adyacente a la superficie, puede ser distinta de la que puede obtenerse fácilmente por implantación iónica; por ejemplo, una concentración de impurezas formada por difusión puede tener un valor más elevado en la superficie del cuerpo del que puede obtenerse fácilmente por implantación iónica y, por
25 ejemplo, ese valor más elevado puede ser deseable para hacer mínima la resistencia en serie entre dicha parte de la región adyacente a la superficie y un electrodo de capa metálica que, en el dispositivo fabricado, está en contacto con dicha parte de la región adyacente a la superficie.
30 Así, el proporcionar al menos la mayor parte de la concen-

385996

20 EN



5 tración de impurezas del primer tipo de conductividad en la parte de la región adyacente a la superficie por un procedimiento distinto de la implantación iónica, puede representar una ventaja considerable en la fabricación de ciertos dispositivos semiconductores.

10 La implantación de iones de impurezas para proporcionar una concentración de impurezas en una parte de un cuerpo semiconductor incluye como se comprenderá en lo que sigue, un tratamiento de revenido cuando sea apropiado para restablecer la retícula cristalina del cuerpo semiconductor dañada por el bombardeo iónico y para mover los átomos de impurezas implantados a posiciones de sustitución en la retícula del cristal. Tal tratamiento de revenido puede realizarse, en algunos casos, calentando el cuerpo durante el bombardeo iónico. Sin embargo, puede 15 llevarse a cabo después del bombardeo iónico, en cuyo caso será evidente que la posición de, y la concentración de impurezas en, las uniones o juntas del cuerpo semiconductor pueden no quedar determinadas hasta después de tal 20 tratamiento de recalentamiento.

Durante la implantación iónica para formar la mayor parte de dicha concentración de impurezas de la parte de la región alejada de la superficie, en forma de capa, debe presentarse atención al bien conocido fenómeno 25 de canalización de los iones. Para la implantación profunda con elevada energía iónica, la canalización puede hacerse mínima usualmente de manera satisfactoria, como es sabido, mediante la orientación apropiada de la retícula de cristal del cuerpo ante el haz de iones que bombardean. 30 Por tanto, el cuerpo puede tener sus superficies mayores

385996

20 ENE 1971



perpendiculares a la dirección (111), y el haz de iones puede dirigirse hacia una superficie mayor del cuerpo en un ángulo de 7° desde la dirección (111) del cristal. Sin embargo, en ciertos casos, tal orientación no es un control suficiente de la canalización de los iones; así, por ejemplo, cuando la región semiconductor es una región de emisor somera de un transistor bipolar, la canalización de los iones implantados para formar una concentración de impurezas en la parte de la región alejada de la superficie, puede ocurrir después de la dispersión de los iones aún cuando se haya llevado a cabo tal orientación del haz de iones y del cuerpo. En tales casos, puede realizarse otra tentativa para reducir el efecto de canalización a un valor aceptable, por ejemplo, mediante bombardeo de iones inertes para romper la red cristalina semiconductor y acupar canales de la red antes del bombardeo con iones de impurificación. En una forma alternativa, sin embargo, se busca intencionalmente el fenómeno de canalización, ya que hacia el fin del alcance de iones canalizados de la red del cristal semiconductor, ocurre una concentración máxima de las impurezas implantadas a una profundidad bien definida y tiene un perfil escarpado, bien definido.

La concentración de impurezas del primer tipo de conductividad proporcionada en parte de la zona en forma de capa, alejada de la superficie por implantación iónica, puede ser al menos un orden de magnitud mayor que el proporcionado en dicha parte de la zona en forma de capa, alejada de la superficie, por cualquier otro procedimiento.

385996

20 ENE



La concentración de impurezas del primer tipo de conductividad en dicha zona de la región, en forma de capa, alejada de la superficie, en dicha unión p - n puede proporcionarse sustancialmente por entero por implantación iónica.

5

La citada unión p - n formada por la zona en forma de capa, alejada de la superficie con la parte del cuerpo semiconductor que se encuentra debajo, puede ser sustancialmente plana y sustancialmente paralela a la superficie del cuerpo semiconductor.

10

Otros procedimientos distintos de la implantación iónica que, en circunstancias apropiadas, pueden utilizarse para proporcionar al menos la mayor parte de dicha concentración de impurezas de la parte de la región adyacente a la superficie son la difusión térmica de átomos de impurezas característicos del primer tipo de conductividad, crecimiento epitaxial del material semiconductor de ese mismo tipo de conductividad, o incluso la "implantación por choque" de átomos de impurezas característicos de dicho tipo de conductividad desde una capa de impurificación sobre la superficie del cuerpo semiconductor, como se describió en las solicitudes Nos. 385.637 y 385.638.

15

20

La expresión difusión térmica de impurezas debe comprenderse en lo que sigue como incluyendo la difusión a partir de una corriente gaseosa que comprende las impurezas, por ejemplo, átomos de fósforo a partir de fosfina, y la difusión desde una parte de capa que comprende las impurezas y prevista en la superficie del cuerpo semiconductor, por ejemplo, una capa de sílice impurificada con boro y situada sobre la superficie del cuerpo semicon-

25

30

16.1.71

20 E



385996

ductor, o una capa somera implantada, epitaxial o incluso aleada que comprende las impurezas y situada en la superficie del cuerpo semiconductor.

5 Cuando la región semiconductor del primer tipo de conductividad se forma por difusión y por subsiguiente implantación, la concentración de impurezas y el gradiente de concentración junto a, al menos partes de la superficie del cuerpo pueden determinarse en gran parte por átomos difundidos del elemento de impurezas, y la concentración de impurezas y el gradiente de concentración 10 en otras partes del cuerpo pueden determinarse, en gran parte, por los átomos implantados del elemento de impureza. Dichos átomos del elemento de impureza pueden implantarse a un nivel más profundo y a un nivel más somero que los 15 átomos del elemento de impureza difundidos. Mediante tal procedimiento es posible formar una parte en forma de capa implantada, de conductividad elevada, en y en torno a la parte activa de una región de base previamente difundida de un transistor bipolar; dependiendo de la disposición, 20 tal parte implantada de conductividad elevada de la región de base, puede servir para reducir la resistencia en serie de base para funcionamiento a frecuencia elevada y/o para asegurar que la corriente de perforación que pasa a través de la unión emisor-base, pasa a través de una parte de la 25 unión en la masa del cuerpo semiconductor en lugar de atravesar una parte de la unión en la intercara cuerpo semiconductor/capa aislante, dañando la intercara.

Dicha unión $p - n$ puede ser la unión emisor-base de un transistor bipolar para alta frecuencia o la 30 unión colector-base. Cuando se forma por difusión una re-

385996

20

ENE 1971



gión de emisor a partir de o en una parte estrecha de la superficie de un cuerpo semiconductor, la unión emisor-base resultante puede tener una gran curvatura; sin embargo, mediante una operación subsiguientemente de implantación, puede formarse una parte activa, sustancialmente plana de la unión, paralela a la superficie, y esta parte plana de la unión puede reducir el efecto de acumulación de la corriente de emisor. Además, el posicionamiento preciso de la unión emisor-base y de la unión colector-base, es importante para los transistores bipolares para alta frecuencia, ya que estas posiciones determinan el ancho de la región de base activa.

Las dimensiones laterales de la región semiconductor del primer tipo de conductividad pueden determinarse por las dimensiones laterales de una capa o capas previstas sobre la parte de superficie del cuerpo y que actúan como fuente de átomos del elemento de impurificación para las técnicas de difusión y/o de implantación mencionadas en lo que antecede. En otra forma, los iones que bombardean pueden tener la forma de un haz que es dirigido selectivamente sobre la parte de superficie. Todavía en otra forma, pueden emplearse una o más capas de enmascaramiento.

Cuando el otro procedimiento distinto de la implantación iónica es la difusión térmica, durante esta, al formar dicha parte de la región, adyacente a la superficie, puede estar presente una capa de enmascaramiento contra la difusión sobre partes de la superficie del cuerpo semiconductor, difundiendo átomos de impureza característicos del primer tipo de conductividad dentro del cuerpo

385996

20 ENE 1971



semiconductor en una abertura de la capa de enmascaramien-
to.

5 Cuando el citado procedimiento distinto de
la implantación iónica es el crecimiento epitaxial locali-
zado, dicha parte de la región, adyacente a la superficie
puede estar prevista por crecimiento epitaxial de material
semiconductor del primer tipo de conductividad sobre una
parte de la superficie semiconductor en una abertura de
10 una capa de enmascaramiento prevista sobre partes de la
superficie del cuerpo semiconductor para enmascarar partes
del cuerpo semiconductor subyacentes contra el crecimen-
to epitaxial. En este caso, puede ser ventajoso para los
átomos del elemento de impurificación implantados subsi-
15 guientemente como se ha descrito en lo que antecede, deter-
minar la mayor parte de la concentración de impurezas del
primer tipo de conductividad en la proximidad de la inter-
cara, entre dicha parte adyacente a la superficie prevista
por crecimiento epitaxial y la parte del cuerpo semiconduc-
tor subyacente.

20 La capa de enmascaramiento puede emplearse
para enmascarar partes del cuerpo semiconductor subyacentes
contra la implantación iónica y cuando el procedimiento se-
guido sea distinto de la implantación iónica.

25 La capa de enmascaramiento puede ser de ma-
terial aislante y de pasivación superficial, y al menos
las partes de la capa de enmascaramiento junto a la aber-
tura, pueden retenerse en el dispositivo fabricado.

30 Cuando la capa de enmascaramiento se utili-
za para enmascarar partes del cuerpo semiconductor subyacen-
tes contra la implantación iónica y en el procedimiento

385996

20 EN



distinto de esta, la implantación iónica puede efectuarse en toda la parte de la superficie semiconductor en la abertura de la capa de enmascaramiento. En este caso, cuando la capa de enmascaramiento es de material aislante y de pasivación superficial, y al menos las partes de la misma junto a la abertura pueden retenerse en el dispositivo fabricado, después de la formación de la región semiconductor, puede descubrirse toda la parte de superficie semiconductor en la abertura de la capa de enmascaramiento y se prevé un electrodo de capa metálica en contacto con dicha parte de la región, adyacente a la superficie, en la abertura de la capa de enmascaramiento. Así, cuando dicho procedimiento distinto de la implantación iónica es la difusión térmica, aunque la difusión y la implantación se efectúan en este caso a través de la misma abertura, la propagación lateral de los átomos difundidos es considerablemente mayor que la de los átomos implantados por bombardeo iónico, de modo que cuando la capa de enmascaramiento es de un material aislante y de pasivación, toda la unión $p - n$ formada entre la región semiconductor y partes adyacentes del cuerpo, puede terminar en la superficie del cuerpo semiconductor, bajo la capa de pasivación; así, puede hacerse un contacto de electrodo metálico de tal región semiconductor en la abertura de la capa de enmascaramiento, sin cortocircuitar el final de la unión $p - n$; de esta forma, puede realizarse un contacto denominado "socavado". La región semiconductor del primer tipo de conductividad puede ser una región de emisor de un transistor bipolar y dicha unión $p - n$ una unión $p - n$ emisor-base.

A continuación se describirá una realiza-

385996

20 EN



5 ción del invento, a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos diagramáticos adjuntos, en los que las Figs. 1 a 5 son vistas en sección transversal del cuerpo semiconductor de un transistor bipolar separado en distintas etapas de su fabricación, y la fig. 6 es un gráfico que muestra perfiles de concentración del elemento de impurificación en distintas regiones del transistor bipolar.

10 El material de partida es un cuerpo de silicio 1, monocristalino, de tipo n, una parte del cual se muestra en la fig. 1. El cuerpo 1 comprende un sustrato n^+ 2 de 0,008 ohmios-cm. de resistividad y de 200 micras de espesor sobre el que está previsto, por crecimiento epitaxial, una capa epitaxial 3 de tipo n que tiene una resistividad de entre 0,5 y 1 ohmio-cm. y un espesor de entre 3 y 5 micras. El cuerpo 1 tiene sus superficies mayores perpendiculares a la dirección (111).

15 En general, se fabrican varios transistores bipolares separados a partir de una pastilla semiconductor común formando una disposición de elementos de transistor simultáneamente sobre la pastilla y dividiendola para formar cuerpos semiconductores individuales para cada transistor separado. Sin embargo, el método de fabricación descrito en lo que sigue con referencia a las figs. 1 a 5 lo será con referencia al cuerpo semiconductor para un transistor separado en lugar de para toda la pastilla semiconductor. Será evidente que cuando se haga referencia a operaciones tales como técnicas fotolito gráficas y de ataque químico, difusión, implantación y tratamiento de revenido, estas operaciones se efectúan bien simultáneamente en una pluralidad de lugares sobre la pastilla o en

385996 20 ENE 19



toda la pastilla, de modo que se formen una pluralidad de elementos de transistor individuales que se separan dividiendo la pastilla en una etapa posterior de la fabricación.

5 Se hace crecer sobre la superficie de la capa epitaxial 3 una capa de óxido de silicio de aproximadamente 0,5 micras de espesor, manteniendo el cuerpo 1 a 1200°C en una corriente de oxígeno húmedo. Mediante una operación de fotolitografía y de ataque químico se forma
10 una abertura de 50 micras por 80 micras en la capa de óxido de silicio, para describir la parte 4 de superficie de la capa epitaxial 3 subyacente y para formar un diseño 5 de capa de enmascaramiento de óxido de silicio. La estructura resultante se muestra en la fig. 1.

15 El cuerpo 1 se coloca en un horno de difusión y se mantiene a aproximadamente 950°C en una corriente gaseosa que contiene boro, que se deriva desde una fuente de trióxido de boro. Esto da como resultado la difusión térmica de boro en la parte 4 de superficie expuesta de la
20 capa epitaxial 3 para formar en la capa 3 epitaxial de tipo n una parte 6' de región de tipo p. El diseño 5 de capa de enmascaramiento de óxido de silicio enmascara contra la difusión las partes superficiales de la capa epitaxial 3 subyacentes. La concentración de la superficie de boro
25 difundido es del orden de 10^{19} átomos c.c. La parte 6' de la región de tipo p forma una unión p-n 7' con partes adyacentes de la capa epitaxial 3 de tipo n. La posición precisa de la unión p - n 7' y la concentración de boro difundido en la proximidad de la unión 7' no se determinan
30 fácilmente por el proceso de difusión. Un valor aproximado

20 ENE



385996

para la profundidad de la unión $p - n$ 7' en la capa epitaxial 3 es de 0,2 micras.

5 Durante la difusión del boro, la parte superficial 4 de la capa epitaxial 3 en la abertura del diseño 5 de capa de enmascaramiento de óxido de silicio, que da cubierta con una delgada capa de vidrio de borosilicato. El cuerpo 1 se retira del horno de difusión y, después de eliminar el vidrio de borosilicato, se hace crecer otra
10 capa de óxido de silicio en la abertura del diseño 5 de capa de enmascaramiento de óxido de silicio, cuyo diseño 5 de capa es hecho aumentar de grosor simultáneamente. Esto da como resultado una penetración de la unión $p - n$ 7' hasta una profundidad de aproximadamente 0,3 micras. La fig. 2 muestra la estructura resultante.

15 Mediante una operación fotolitográfica y de ataque químico, se hacen tres aberturas de dedo emisor de 3 micras por 40 micras en la parte de la capa de óxido de silicio sobre la parte de superficie 4, y dispuestas dentro de la parte 6' de región difundida de tipo p . De esta
20 forma, quedan expuestas pequeñas partes 8 de la superficie de la parte 6' de región de tipo p y se forma un diseño 9 de capa de enmascaramiento.

Se coloca el cuerpo 1 en un horno de difusión y se le mantiene a 900°C durante 15 minutos en una
25 corriente de gas conteniendo fósforo, que se obtiene a partir de fosfina. Esto da como resultado la difusión de átomos de fósforo en las partes 8 de superficie expuesta de la parte 6' de región de tipo p y la formación de partes 10' de región de tipo n junto a las partes 8 de la superficie y que forman uniones $p-n$ 11' con la parte 6' de re-
30

385996⁰ ENE



gión de tipo p adyacente. El diseño 9 de capa de enmascaramiento de óxido de silicio enmascara zonas adyacentes de la parte 6' de región de tipo p y la capa epitaxial 3, contra la difusión. La concentración superficial de fósforo difundido es de aproximadamente 7×10^{20} átomos/c.c. La posición precisa de las uniones ll' p - n y la concentración de fósforo difundido en la proximidad de las uniones ll' no se determina fácilmente por el proceso de difusión. Hay tendencia a que ocurra una inflexión en el perfil de la concentración de fósforo difundido, que resulta en una concentración y un gradiente de concentración de fósforo bajos en la proximidad de las uniones p - n ll'. La profundidad de las uniones p - n ll' es menor que 0,2 micras. La difusión de fósforo da como resultado una denominación "expulsión" de la unión 7' hasta un nivel más profundo. Durante la operación de difusión, se forma una delgada capa de vidrio de fosfosilicato sobre la parte 8 de la superficie de silicio expuesta y sobre la superficie del diseño 9 de capa de enmascaramiento de óxido de silicio.

Las concentraciones y los gradientes de concentración del elemento de impurificación en la proximidad de las uniones p - n 7' y ll' se modifican ahora sustancialmente por la implantación de boro y fósforo empleando técnicas de bombardeo iónico. El diseño 9 de capa de enmascaramiento de óxido de silicio sirve como máscara contra la implantación. Pueden utilizarse también como diseños de capa de enmascaramiento, en ciertas áreas, capas de aluminio de aproximadamente 0,5 a 1 micra de espesor.

El cuerpo 1 se coloca en la cámara de blanco de un aparato de bombardeo iónico y se bombardea como

38599620 ENE 1976



5 se indica por las flechas de la fig. 4, primero con iones de boro y subsiguientemente con iones de fósforo. La fuente de iones de boro consiste en tricloruro de boro y la de los iones de fósforo en tricloruro de fósforo. La orientación del cuerpo 1 es tal que existe un ángulo de 7° entre el eje geométrico del haz iónico y la dirección (111) del cristal de silicio.

10 El bombardeo con boro se efectúa por etapas aumentando o disminuyendo en cada una de ellas la energía en la gama de 60 keV a 80 keV. Las dosis son del orden de 10^{14} átomos/cm². La implantación del boro en el cuerpo tiene lugar a través de la delgada capa de vidrio de fosfosilicato sobre las partes superficiales 8 en las aberturas del diseño 9 de capa de enmascaramiento de óxido de silicio. De esta forma, se aumenta la concentración de boro en áreas extendidas de la parte 6' de región de tipo p, en la proximidad de la unión p - n 7', por debajo de la parte 10' de región difundida de tipo n; la mayor parte de la citada concentración en dichas zonas extendidas se provee mediante átomos de boro implantados a través de las partes 8 de superficie, por bombardeo iónico. Los átomos de boro difundidos e implantados forman, juntos, la región 6 de tipo p que tiene una parte adyacente a la superficie en la que se prevé la mayor parte de la concentración de boro por difusión térmica y partes en forma de capa, alejadas de la superficie que forman partes planas, bien definidas, de la unión 7 colector-base p - n con la parte adyacente de la capa epitaxial 3 de tipo n, y en la que la mayor parte de la concentración de boro se obtiene mediante implantación iónica, como se indica por un aumento del

15

20

25

30

385996

20 EN



5 rayado en la fig. 5. La situación final de la unión p - n
7 y la concentración final de boro en la proximidad de la
unión p - n 7, bajo la región 10 difundida de tipo n se
determinan durante un tratamiento subsiguiente de revenido
a baja temperatura, por ejemplo, a 800°C. La unión p - n
7 así formada constituye la unión p - n base-colector del
transistor, constituyendo la región 6 de tipo p, la región
de base. La concentración resultante del elemento acepta-
dor de impurezas en áreas de la región 6 en la proximidad
10 de la unión p - n 7 y bajo las partes 10' de región de ti-
po n esta determinada sustancialmente por completo por áto-
mos de boro implantados utilizando bombardeo iónico. La
profundidad resultante en el cuerpo 1 de las partes de la
unión p - n 7 bajo las partes 10' de región de tipo n es
15 de aproximadamente 0,45 micras.

La energía de implantación de los iones de
fósforo es de 80 keV. y la dosis es de aproximadamente 10^{15}
átomos/cc². La implantación del fósforo en el cuerpo tiene
lugar a través de la delgada capa de vidrio de fosfosili-
cato sobre las partes 8 de superficie en las aberturas del
20 diseño 9 de capa de enmascaramiento de óxido de silicio.
De esta forma se aumenta la concentración de fósforo en
un área extendida de cada parte 10' de región de tipo n
en la proximidad de las uniones p - n 11'; la mayor parte
25 de dicha concentración en la citada área extendida viene
dada por átomos de fósforo implantados a través de las par-
tes 8 de la superficie por bombardeo iónico. Los átomos
de fósforo difundidos e implantados forman, juntos, regio-
nes 10 de tipo n, cada una de las cuales tiene una parte
30 adyacente a la superficie en la que la mayoría de la con-

20 ENE 1971



385996

5 centración de fósforo esta proporcionada por difusión térmica
y una parte alejada de la superficie, en forma de capa, ca-
da una de las cuales forma una parte plana, bien definida
de la unión ll emisor-base p - n con las partes adyacentes
de la región de base 6 de tipo p, y en la que la mayor par-
te de la concentración de fósforo está proporcionada por
implantación iónica, como se indica por un aumento del ra-
yado en la fig. 5, y como se muestra, cada unión ll p - n
10 resultante, tiene una parte sustancialmente plana, parale-
la a las partes 8 de la superficie. Después de un trata-
miento de revenido a baja temperatura, por ejemplo a 600°C,
la profundidad de las uniones p - n ll en el cuerpo 1, es
de 0,2 micras.

15 Las regiones 10 de tipo n y las uniones ll
p - n resultantes, constituyen las regiones de emisor y
las uniones p - n emisor-base, respectivamente, del tran-
sistor. En consecuencia, el ancho de la base resultante
del transistor, es de 0,25 micras.

20 En la fig. 6 se muestran varios perfiles de
concentraciones del elemento de impureza, representándose
en el eje vertical la concentración de impurezas en áto-
mos/cc. y en el eje horizontal la profundidad desde la su-
perficie en micras. El perfil de boro difundido antes de
la difusión del fósforo se designa con A; el perfil del
25 fósforo difundido se designa con B; el perfil de implanta-
ción de iones de boro de 70 keV se designa con C, y el per-
fil de implantación de iones de fósforo de 80 keV se desig-
na con D. Será evidente, a partir de la fig. 6, que las
situaciones de las uniones 7 y ll colector-base y emisor-
30 base, están determinadas sustancialmente por completo por

385996

20 ENL



los iones de boro y de fósforo implantados, respectivamente, mientras que las concentraciones del elemento de impurificación de las regiones de base y de emisor, junto a la superficie, están determinadas sustancialmente por completo por los átomos de boro y de fósforo difundidos, respectivamente.

En el dispositivo fabricado se mantienen partes del diseño 9 de capa de enmascaramiento de óxido de silicio, como una capa aislante y de pasivación sobre la superficie del cuerpo de silicio. El contacto para las regiones 10 de emisor de tipo n se realiza por una técnica denominada "técnica de emisor socavado", en la que se dispone una capa de contacto de emisor en las mismas aberturas del diseño 9 de capa que se emplearon para exponer las partes 8 de la superficie para difusión e implantación. Puede utilizarse esta técnica ya que la extensión lateral de los átomos de fósforo difundidos en la superficie hace que las uniones 11 p - n de emisor-base terminen en la superficie por debajo del diseño 9 de capa de enmascaramiento de óxido de silicio, impidiendo así un cortocircuito a través de la unión por la capa de contacto de emisor. La delgada capa de vidrio de fosfosilicato se elimina para exponer de nuevo la parte 8 de la superficie asociada con la región 10 de emisor de tipo n, sumergiendo el cuerpo 1 en una solución muy débil de ácido fluorhídrico durante unos pocos segundos. Mediante otras operaciones de fotolitografía y de ataque químico se formaron cuatro aberturas en el diseño 9 de capa de enmascaramiento de óxido de silicio, cada una de aproximadamente 5 micras por 40 micras, para exponer partes de la superficie de la región 10 de base de tipo p.

385996

20 ENE



5 Luego se depositó una capa de aluminio de 0,5 micras de espesor sobre toda la superficie. La capa de aluminio se eliminó selectivamente mediante otra operación de fotolitografía y de ataque químico, para dejar capas 12 y 13 metálicas de contacto de emisor y de base, interdigitadas. La capa de contacto de emisor 12 incluye tres partes de dedo de 5 micras de anchura situadas en las aberturas del diseño 9 de capa de óxido de silicio en las partes 8 de la superficie previamente ocupadas por la capa de vidrio de fosfosilicato, y se extiende sobre el diseño 10 9 de capa de óxido de silicio para terminar en una plaquita de unión de gran área común sobre el diseño 9 de capa de óxido de silicio. La capa 13 de contacto de base comprende cuatro dedos, cada uno de 5 micras de anchura, que se 15 extienden además sobre el diseño 9 de capa de óxido de silicio para terminar en una plaquita de unión de gran área común en el diseño 9 de la capa de óxido de silicio. El sustrato 2 de elevada conductividad, proporciona el electrodo de colector.

20 Después de dividir la pastilla, el cuerpo 1 que comprende el transistor, se monta en una envolvente. Se realizan las conexiones a las plaquitas de unión de emisor y de base, y se efectúa la encapsulación en forma usual.

25 Será evidente que en la realización descrita, el orden de las operaciones de difusión y de implantación del proceso se ha elegido de modo que las temperaturas alcanzadas estén en orden descendente y los procesos sean sustancialmente independientes. Además, será evidente 30 que el invento no se limita a los ejemplos dados, sino que

385996

20 ENE.



los expertos en la técnica pueden llevar a cabo numerosas variaciones dentro del alcance del invento. Por ejemplo, pueden emplearse otros elementos de impurificación, otros tipos de conductividad y otros materiales semiconductores, otras capas aislantes y otras capas metálicas, así como diferentes geometrías y estructuras en comparación con los ejemplos dados.

La presente solicitud que corresponde a la presentada en Gran Bretaña, con fecha 1 de Diciembre de 1969, bajo el número 58514/69 (provisional) y 28 de Octubre de 1970 completa, se acoge a los beneficios del artículo 51 del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.

REIVINDICACIONES

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

1.- Un método de fabricar un dispositivo semiconductor, que comprende formar una región semiconductor de un tipo de conductividad que está unida a una superficie de un cuerpo semiconductor, en el que la mayor parte de la concentración de impurezas de dicho tipo de conductividad de una parte de la región junto a la superficie, se obtiene

16.1.71

385996 ENE 1971



5 por un procedimiento distinto del de la implantación iónica, caracterizado porque se implantan iones de impurificación característicos de dicho tipo de conductividad a través de la superficie del cuerpo semiconductor para proporcionar la mayor parte de la concentración de impurezas de dicho tipo de conductividad de una parte sustancialmente en forma de capa, alejada de la superficie, de la región que se extiende sustancialmente paralela a la superficie del cuerpo semiconductor, que se encuentra bajo dicha parte adyacente a la superficie forma una unión p-n con una parte de cuerpo semiconductor subyacente del tipo de conductividad opuesto, y separa dicha parte adyacente a la superficie de la citada unión p-n.

15 2.- Un método según la reivindicación 1, caracterizado porque la concentración de impurezas del primer tipo de conductividad prevista en parte de la zona en forma de capa, alejada de la superficie, por la implantación iónica, es al menos un orden de magnitud mayor que el previsto en dicha parte de la citada zona en forma de capa, alejada de la superficie, por cualquier otro procedimiento.

25 3.- Un método según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado porque la concentración de impurezas del primer tipo de conductividad en la citada parte en forma de capa alejada de la superficie, de la región, en dicha unión p-n se prevé sustancialmente de una manera total mediante implantación iónica.

30 4.- Un método según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque dicha unión p-n formada por la parte a modo de capa alejada de

20 EN



385996

20 ENE 1971

la superficie, con la parte de cuerpo semiconductor subyacente, es sustancialmente plana y sustancialmente paralela a la superficie del cuerpo semiconductor.

5 5.- Un método según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque el citado procedimiento distinto de la implantación iónica empleado en la formación de la parte junto a la superficie de la región es un procedimiento de difusión térmica de átomos de impurezas característicos del primer tipo de
10 conductividad.

 6.- Un método según la reivindicación 5, caracterizado porque durante dicha difusión térmica en la formación de la citada parte junto a la superficie, de la región, está presente una capa de enmascaramiento contra
15 la difusión sobre partes de la superficie del cuerpo semiconductor, difundándose átomos de impurezas característicos del primer tipo de conductividad dentro del cuerpo semiconductor por una abertura de la capa de enmascaramien-
to.

20 7.- Un método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque dicho procedimiento, distinto del de implantación iónica, es un procedimiento de crecimiento epitaxial localizado, obteniéndose dicha parte de la región adyacente a la superficie
25 mediante el crecimiento epitaxial de un material semiconductor del primer tipo de conductividad sobre una parte de superficie semiconductor en una abertura de una capa de enmascaramiento prevista sobre partes de la superficie del cuerpo semiconductor para enmascarar partes del cuerpo
30 semiconductor subyacentes contra el crecimiento epitaxial.

16.1.71

385996

20 ENE 1971



5 8.- Un método según la reivindicación 6 ó la 7, caracterizado porque la capa de enmascaramiento se utiliza para enmascarar partes del cuerpo semiconductor subyacentes contra la implantación iónica y el procedimiento distinto del de dicha implantación iónica.

10 9.- Un método según una cualquiera de las reivindicaciones 6 a 8, caracterizado porque la capa de enmascaramiento es de material aislante y de pasivación superficial, y al menos las partes de la capa de enmascaramiento junto a la abertura quedan en el dispositivo fabricado:

15 10.- Un método según la reivindicación 8 ó la 9, cuando depende de la 8, caracterizado porque la implantación iónica efectúa en toda la parte de la superficie semiconductor en la abertura de la capa de enmascaramiento.

20 11.- Un método según la reivindicación 10, cuando depende de la 9, caracterizado porque después de formar la región semiconductor se descubre toda la parte de la superficie semiconductor en la abertura de la capa de enmascaramiento y se dispone un electrodo de capa metálica para hacer contacto con la parte de la región adyacente a la superficie en la abertura de la capa de enmascaramiento.

25 12.- Un método según la reivindicación 11, caracterizado porque la región semiconductor es una región de emisor de un transistor bipolar, siendo dicha unión p-n una unión emisor-base.

30 13.- Un método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, caracterizado porque la región se-

Hy.

385996

16 MAR 1971



micconductora es una región de base de un transistor bipolar, siendo dicha unión p-n una unión colector-base.

14.- Un método de fabricar un dispositivo semiconductor.

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

La presente Memoria consta de veintiseis hojas escritas a máquina por una sola de sus caras.

Madrid, 16 MAR 1971

P.A.

Alberto de Encarnación
For Forer

12.3.71

A.A.B.

prof.

Albertus van der ...
For Forest

Fig. 2

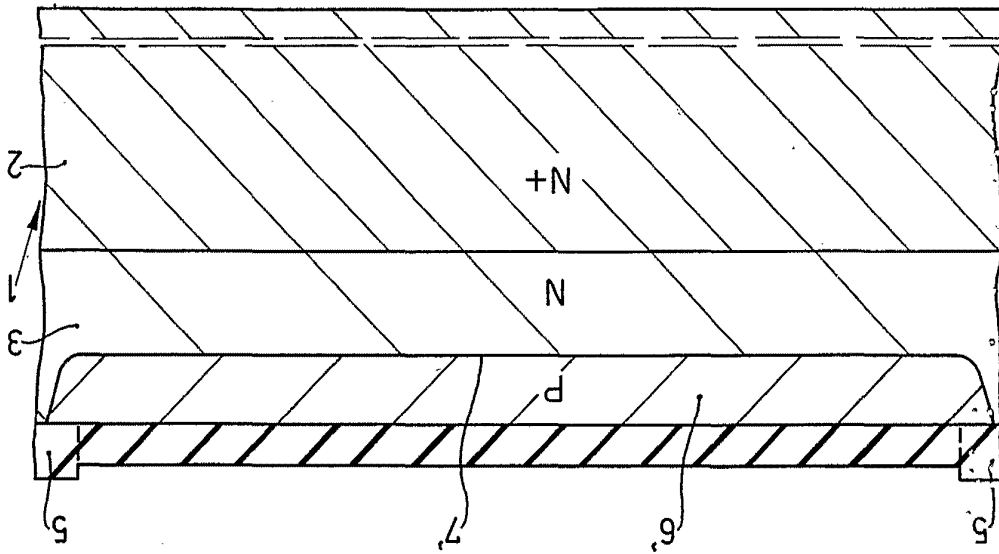
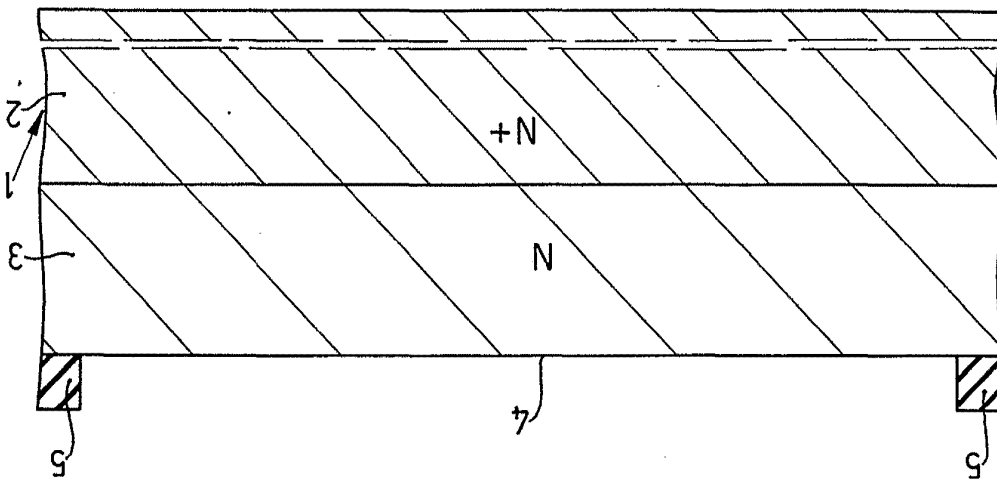


Fig. 1



20 EINE 1911

385996

1 7 0 4 0 7

385996

20.11.97

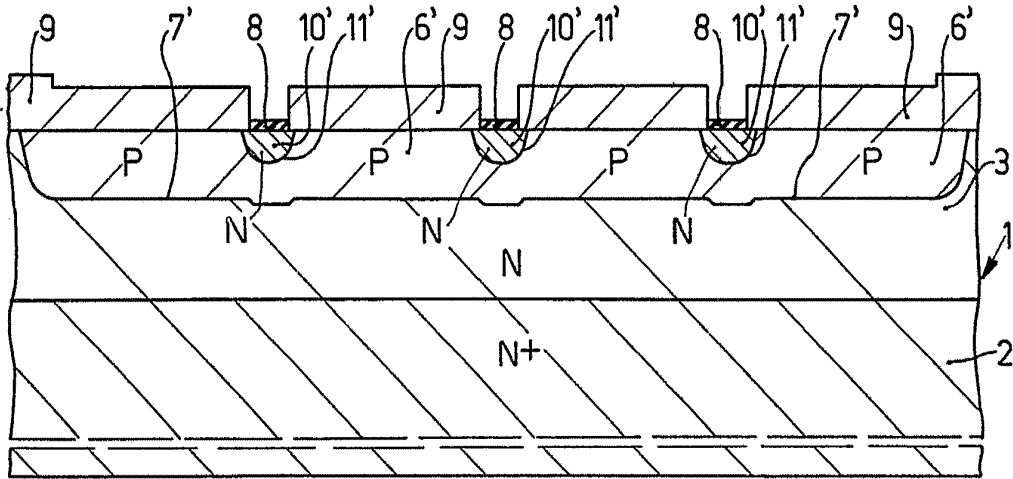


Fig.3

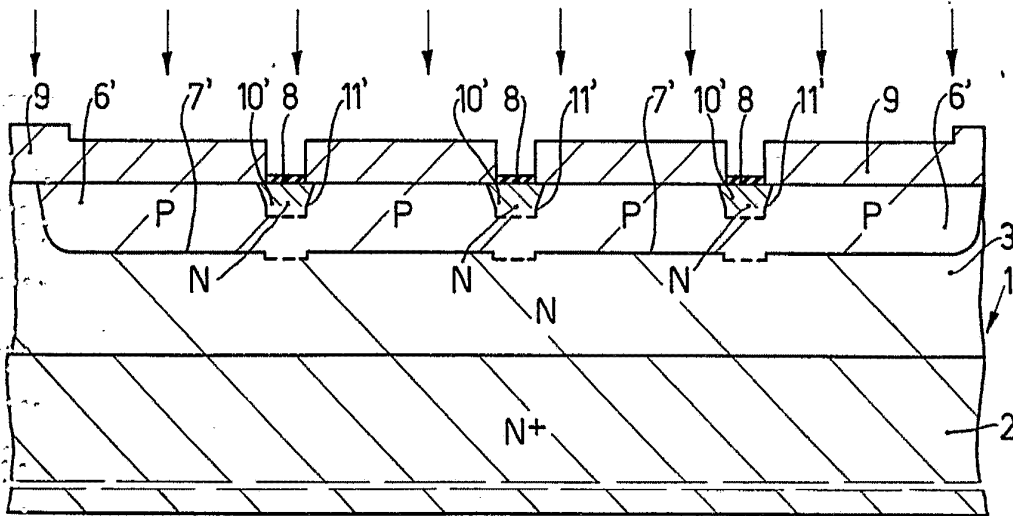


Fig.4

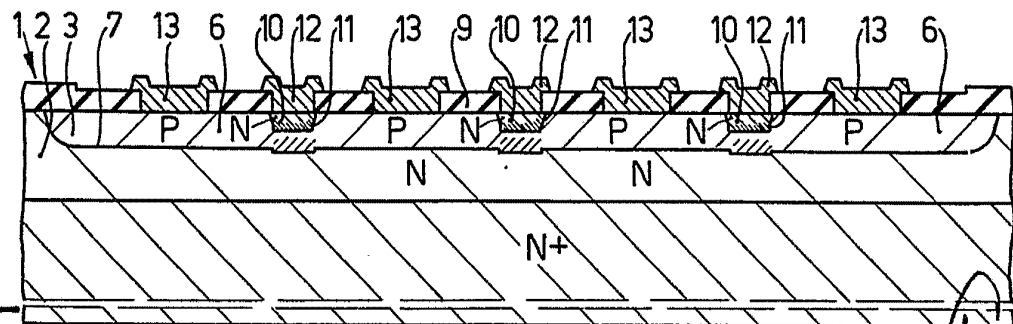


Fig.5

385996

20 FEB 1936

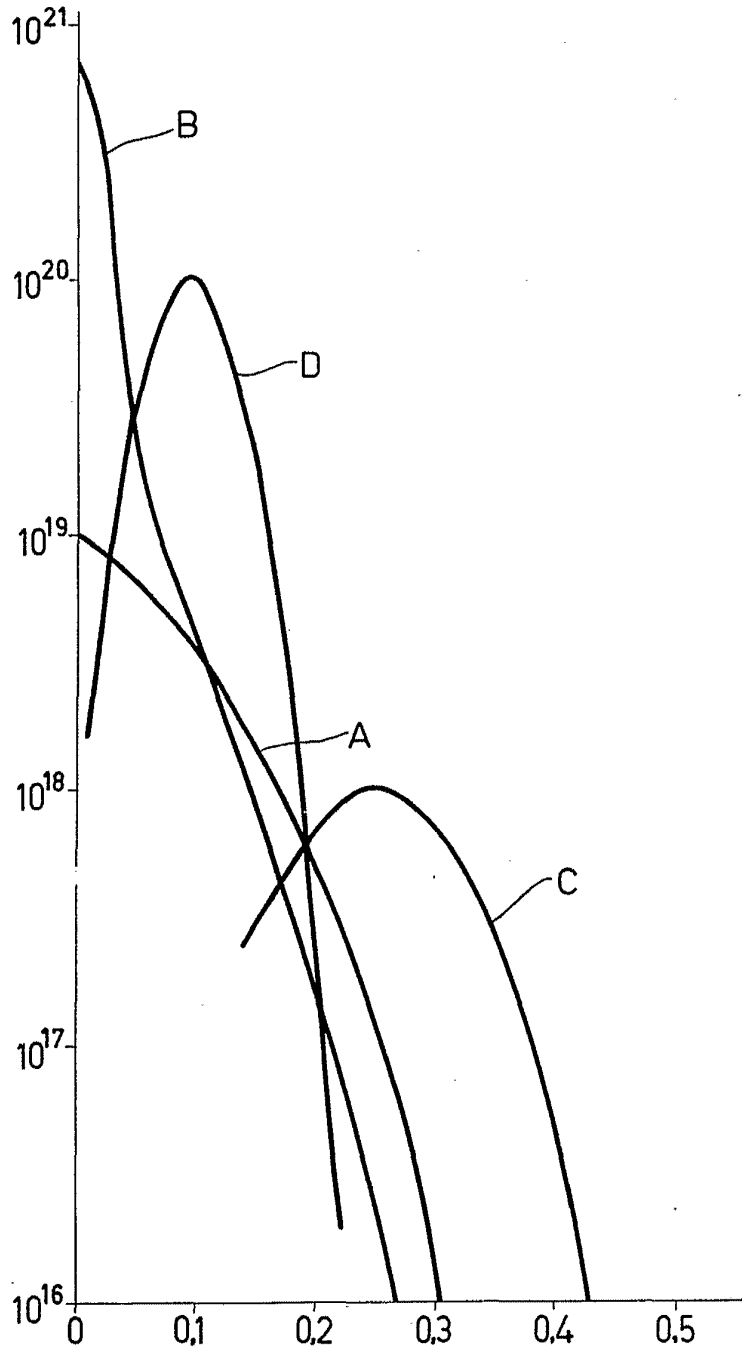


Fig.6

Albany Co.
For Engg.