

329618



P - 32.712

PHB 31479

MEMORIA DESCRIPTIVA

que se presenta para unir a la solicitud
de

PATENTE DE INVENCION

formulada el 28 de Julio de 1.966, con el nº. 329.618

en

E S P A Ñ A

por VEINTE años

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

"UN METODO DE FABRICAR UN TRANSISTOR"

-----o-----

Este invento se refiere a la fabricación de tran-
sistores que comprenden un cuerpo o parte de cuerpo semi-
conductor, que tiene una región de emisor difundida de un
tipo de conductividad que se extiende a una superficie
5 plana del cuerpo o parte de cuerpo y situada en el cuer-
po o parte de cuerpo interiormente a una región de base
difundida del tipo de conductividad opuesto, situada
la parte de la región de base directamente debajo de la re-
gión de emisor a una profundidad en el cuerpo o parte de
10 cuerpo, desde la primera superficie, inferior a la profun-
didad de la parte adyacente de la región de base que se ex-



tiende hasta la primera superficie y se refiere además a métodos de fabricación tales de transistores.

5 Los transistores que tienen una región de base con una parte situada directamente debajo de la región de emisor y que está a una profundidad en el cuerpo semiconductor, desde la superficie, inferior a la profundidad a una parte adyacente a la región de base que se extiende hasta la superficie se han descrito en la Memoria descriptiva de la Patente Británica Número 1.018.673, en la Memoria descriptiva de
10 la Patente Británica Número 7583/64 y en "Zeits. f. angew. Physik" volumen 18, número 3, páginas 129-132, 1964. Tal configuración de la región de base en un transistor que tiene una región de base difundida, en particular cuando la parte de base situada directamente debajo de la región de emisor
15 es relativamente estrecha y es de resistividad relativamente alta y la parte de la región de base que se extiende a la primera superficie es relativamente ancha y es de resistividad relativamente baja, conduce a ventajas con respecto a las características eléctricas, en particular con respecto a la resistencia en serie de base y a la adecuación del transistor para fines de control automático de ganancia, cuyas ventajas se describirán más detalladamente en lo que sigue.

20 En el funcionamiento de transistores de unión son inyectados portadores de minoría en la región de base desde la región de emisor bajo el control de la información de señal para circular a través de la región de base hasta la región de colector, dando con ello lugar a corrientes de salida en el circuito asociado con la región de colector. Los portadores inyectados se mueven a través de la región de base como resultado de difusión la cual, en el caso de un transis-
30



tor que tiene una región de base difundida en la cual la concentración de impurezas disminuye desde la región de emisor hacia la región de colector, es aumentada por el campo electrostático incorporado que comunica un desvío a los portadores de minoría inyectados. Así, la estructura de la región de base sirve, entre otras cosas, para determinar las características de salida del transistor, el tiempo de tránsito de los portadores de minoría a través de la región de base que determina el límite superior de frecuencia de funcionamiento al cual se obtiene una ganancia apreciable. Para buena respuesta de alta frecuencia es importante que la anchura de la región de base sea pequeña. Es asimismo, importante que la resistencia en serie de la región de base sea baja y en los transistores de base difundida son conocidas diversas técnicas para obtener regiones de base estrechas y proporcionar contactos óhmicos con las regiones de base estrechas de manera que se obtenga una resistencia en serie baja.

En la fabricación de los llamados transistores de unión "difundida doble", que comprende regiones de base difundida y de emisor difundido, el material de partida es una oblea de un material semiconductor de un tipo de conductividad. Un elemento de impurezas que determina el tipo de conductividad característico del tipo de conductividad opuesto es difundido en la superficie de la oblea para formar una primera capa superficial del tipo de conductividad opuesto en la cual es finalmente situada la región de base. Un elemento de impureza que determina un tipo de conductividad característico del primer tipo de conductividad es luego difundido en la primera capa superficial para formar una segunda capa superficial que es del primer tipo de conductividad que se extien-



de sólo parcialmente en la primera capa y en la cual está
situada la región de emisor. Un problema básico inicialmen-
te asociado con la fabricación de estos dispositivos, era
proporcionar un contacto óhmico adecuado con la región de
5 base situada en la capa superficial primeramente difundida
enterrada y se han empleado para este fin diversos métodos
de aleación y de ataque químico de mesa.

El citado problema está superado en gran medida en
la fabricación del llamado transistor difundido doble "pla-
10 no" en el cual la unión de base-colector rodea a la unión de
emisor-base dentro del cuerpo semiconductor y ambas uniones
terminan en una superficie plana del cuerpo semiconductor de-
bajo de una capa aislante protectora adherente en la primera
superficie, la cual tiene aberturas que contienen materiales
15 de contacto óhmico hasta al menos las regiones de emisor y
de base donde se extienden hasta la primera superficie.

La fabricación de un transistor plano implica la
formación de una capa aislante protectora adherente sobre
una superficie plana de un cuerpo semiconductor de un tipo
20 de conductividad, la difusión de un elemento de impureza que
determina el tipo de conductividad característico del tipo de
conductividad opuesto al cual es impermeable la capa aislan-
te en una primera parte superficial del cuerpo expuesta por
una primera abertura hecha en la capa aislante para formar
25 una región de base del tipo de conductividad opuesto, la di-
fusión subsiguiente de un elemento de impureza que determina
el tipo de conductividad característico del primer tipo al
cual es impermeable la capa aislante en una segunda parte su-
perficial expuesta por una segunda abertura hecha en el capa
30 aislante, la cual es completamente interior a la primera par-



te superficial previamente expuesta por la primera abertura, para formar una región de emisor del primer tipo de conductividad completamente interior a la región de base, la formación de nuevas aberturas en la capa aislante para exponer al menos las regiones de emisor y de base donde estas se extienden hasta la superficie, y el depósito de material de contacto óhmico en esas nuevas aberturas. En general durante y/o a continuación de cada operación de difusión, se forma una nueva capa aislante en la respectiva abertura cuya capa aislante últimamente formada en cada caso se une y es contigua a la capa aislante inicialmente presente.

La formación de aberturas en la capa aislante se lleva a cabo con ayuda de técnicas de fototratamiento, es decir usando materiales de fotoreserva, técnicas de enmascarado y ataque químico, para eliminar selectivamente partes de una capa de fotoreserva en la superficie de la capa aislante, y por tanto usando líquidos de ataque químico adecuados para eliminar selectivamente partes correspondientes de la capa aislante.

La anchura de la parte de la región de base situada directamente debajo de la región de emisor viene determinada, entre otros factores, por la extensión de la segunda difusión, y la anchura de la parte de la región de base que se extiende hasta la superficie en el lado de la región de emisor viene determinada: por la extensión de la segunda difusión, la diferencia de áreas de las partes de superficie primera y segunda y su situación relativa sobre la primera superficie. En general, la anchura de la parte de la región de base que se extiende hasta la superficie será apreciablemente mayor que la anchura de la parte de la región de base situada



directamente debajo de la región de emisor, a fin de facilitar la formación de la nueva abertura para dejar al descubierto la región de base en la superficie, en cuya abertura es depositado el material de contacto óhmico con la región de base. La anchura de la región de base debe entenderse que significa la distancia entre la unión de emisor/base y la unión de colector/base.

Se ha comprobado que en la fabricación de transistores difundidos dobles y, en particular, en la fabricación de transistores planos de silicio, hay un límite para la anchura de la parte de la región de base situada debajo de la región de emisor que puede ser obtenida. Esto es debido a que durante la segunda difusión, es decir, la difusión del elemento de impureza que determina el tipo de conductividad característico del primer tipo de conductividad, el paso de los átomos de impurezas características del primer tipo de conductividad produce el efecto de impulsar hacia adelante los átomos de impurezas previamente difundidas característicos del tipo de conductividad opuesta. Sobre un área límite correspondiente sustancialmente a aquella sobre la cual se efectúa la segunda difusión, una parte de la unión de base-colector resulta empujada hacia adelante dentro del cuerpo desde su previo emplazamiento formado durante la primera difusión. Al producirse la difusión del elemento de impureza que determina el tipo de conductividad característico del primer tipo de conductividad, el emplazamiento de la unión de emisor base se mueve hacia adelante y delante de ésta es empujada hacia adelante la unión de base-colector. En efecto es conocido en general como "efecto de empuje de base" o "inmersión de colector". En la fabricación de un transistor plano, en parti-



5 cular cuando se desea formar un transistor plano de silicio
n - p - n que tiene una parte de región de base estrecha de
una anchura de una micra o menor, ese efecto puede imponer
un límite en la anchura de la parte de la región de base situa
da directamente debajo de la región de emisor y puede dar por
resultado, en ciertos casos, una parte estrechada de anchura
reducida en el lado de la región de emisor, la cual puede dar
lugar a malas características eléctricas.

10 Debido a este efecto de empuje de base, la parte
de la región de base que está directamente debajo de la re-
gión de emisor queda a una profundidad en el cuerpo, desde
la superficie, que es mayor que la profundidad de la parte
adyacente de la región de base que se extiende hasta la su-
perficie. Además, en los transistores difundidos dobles en
15 los cuales las regiones de emisor y de base están formadas
en orden de sucesión, incluso cuando las condiciones son ta-
les que el efecto de empuje de base no se produce en una me-
dida apreciable, la profundidad de la parte de la región de
base situada por debajo de la región de emisor no será in-
20 ferior a la profundidad de la parte adyacente de la región de
base como ocurre en los transistores a los cuales se refiere
el presente invento.

25 Un objeto del invento es proporcionar un transistor
mejorado de la clase descrita y proporcionar un método de fa-
bricación del transistor.

30 De acuerdo con un aspecto del invento, un transis-
tor comprende un cuerpo o parte de cuerpo semiconductor que
tiene una región de emisor difundida de un tipo de conductivi-
dad que se extiende hasta una superficie plana del cuerpo o
parte de cuerpo situada en el cuerpo o parte de cuerpo inte-



riormente a una región de base difundida del tipo de conductividad opuesto, y una región de colector del primer tipo de conductividad, situada la parte de la región de base directamente debajo de la región de emisor que está a una profundidad en el cuerpo o parte del cuerpo, desde la primera superficie, menor que la profundidad de la parte adyacente de la región de base que se extiende hasta la primera superficie, conteniendo la región de emisor de un elemento de impureza que determina el tipo de conductividad característico del primer tipo de conductividad, difundido en una primera parte expuesta de la primera superficie, y conteniendo la región de base difundida un elemento de impureza que determina el tipo de conductividad característico del tipo de conductividad opuesto difundido subsiguientemente en una segunda parte expuesta de la primera superficie que es de mayor área que la primera parte de superficie expuesta, y la incluye, durante cuya difusión han sido simultáneamente determinados el emplazamiento de las uniones p-n- entre las regiones de base y emisor, y entre las regiones de base y colector.

De acuerdo con otro aspecto del invento, en un método de fabricación de un transistor que comprende un cuerpo o parte de cuerpo semiconductor que tiene una región de emisor difundida de un tipo de conductividad que se extiende hasta una superficie plana del cuerpo o parte de cuerpo y situada en el cuerpo interiormente a una región de base difundida del tipo de conductividad opuesta, las regiones de emisor o de base están formadas en orden de sucesión mediante la difusión en una primera parte expuesta de una superficie plana de un cuerpo o parte de cuerpo semiconductor de un tipo de conductividad de un elemento de impureza que determina el ti-



po de conductividad característico del primer tipo de conductividad el cual tiene una velocidad relativamente lenta de difusión en material semiconductor del cuerpo o parte de cuerpo y proporciona concentraciones difundidas relativamente altas y la difusión subsiguiente en una segunda parte expuesta de la primera superficie plana del cuerpo o parte de cuerpo, la cual es de mayor área que la primera parte, y la incluye, de un elemento de impureza que determina el tipo de conductividad característico del tipo de conductividad opuesto el cual tiene una velocidad relativamente rápida de difusión en el material del cuerpo o parte de cuerpo semiconductor y el cual es selectivamente retardado en aquella parte del cuerpo que contiene el elemento de impureza, que determina tipo de conductividad, previamente difundido característico del primer tipo de conductividad, tal que la parte de la región de base situada directamente debajo de la región de emisor queda a una profundidad en el cuerpo, desde la primera superficie, menor que la profundidad de la parte adyacente de la región de base que se extiende hasta la primera superficie.

La configuración deseada de la región de base se obtiene mediante el retardo selectivo de la difusión del elemento de impureza que determina el tipo de conductividad característico del tipo de conductividad opuesto. Durante esa difusión, el emplazamiento de la unión de emisor-base y el emplazamiento de la unión de colector-base son simultáneamente determinados y puede obtenerse una parte relativamente estrecha de la región de base situada debajo de la región de base mayor de grosor que se extiende hasta la primera superficie, cuya parte está a una mayor profundidad en el cuerpo des-



de la primera superficie que la parte estrecha situada directamente debajo de la región de emisor. Así, mediante un procedimiento de difusión en el cual, al contrario que en la fabricación normal de un transistor difundido doble en que la
5 difusión de base se efectúa antes de la difusión de emisor, la difusión de emisor se efectúa antes que la difusión de base y es posible obtener una parte de región de base estrecha debajo de la región de emisor, lo cual se desea para un dispositivo adecuado para funcionamiento a altas frecuencias,
10 juntamente con una parte que se extiende hasta la superficie tal que se obtiene una baja resistencia en serie de base.

Además, el inconveniente anteriormente descrito de que la unión de base-colector es empujada hacia adelante desde su emplazamiento inicial por la difusión de impurezas de emisor, no se produce en el método de acuerdo con el invento.
15 En efecto, la difusión para formar las regiones de emisor y de base en orden de sucesión puede ser considerada como que dá lugar a la inversión del efecto de empuje de base.

El retardo del elemento de impureza que determina el tipo de conductividad característico del tipo de conductividad
20 opuesto por la concentración del elemento de impureza que determina el tipo de conductividad previamente difundido característico del primer tipo de conductividad, puede explicarse considerando el caso, por ejemplo, en que el cuerpo contiene
25 inicialmente una concentración uniforme de un elemento donador, el elemento de impureza característico del primer tipo de conductividad es un donador que tiene una velocidad relativamente lenta de difusión en el material semiconductor del cuerpo y el elemento de impureza característico del tipo de conductividad
30 opuesto es un aceptador que tiene una velocidad rela-



tivamente rápida de difusión en el material semiconductor del cuerpo. La impureza de donador previamente difundida es ionizada a la temperatura de la difusión del aceptador y por consiguiente la distribución espacial de los iones positivos de donador producirá un campo "incorporado" el cual será más positivo junto a la superficie del cuerpo. La impureza de aceptador será ionizada negativamente a la temperatura de difusión y el campo "incorporado" de los iones de impurezas de donador se opondrá a su entrada y a su paso a través del cuerpo semiconductor. El coeficiente de fusión de los átomos de aceptador, a través de la región del cuerpo semiconductor que tiene el gradiente de concentración de donadores, será por tanto reducido. Para una impureza de aceptador dada, la extensión del retardo obtenido es mayor con una impureza de donador que tiene un mayor coeficiente de difusión, y eso puede ser debido a que los átomos de donador se mueven junto con los átomos de aceptador durante la segunda difusión y, por tanto, un átomo de aceptador particular resultará incluido por el campo de retardo de donador durante mayor tiempo.

El cuerpo semiconductor puede ser de silicio, germanio o de un compuesto semiconductor III-V, tal como arseniuro de galio. La estructura del transistor viene determinada, entre otros factores, por la extensión del efecto de difusión de retardo obtenible en el material semiconductor del cuerpo. En general, el efecto de difusión de retardo en esos tres materiales será más pronunciado en el arseniuro de galio y menos pronunciado en el germanio. El efecto de retardo es grande cuando una de las impurezas está presente en una parte del cuerpo en considerable exceso tanto de la otra impureza como de la concentración n_i de portadores intrínseca. A las temperaturas de



difusión típicas tenemos:

$$\text{Ge (700-900°C)} n_i = 3 \times 10^{18} - 10^{19} \text{ cm}^{-3}$$

$$\text{Si (1.000-1.200°C)} n_i = 3 \times 10^{18} - 10^{19} \text{ cm}^{-3}$$

$$\text{GaAs (700-900°C)} n_i = 2 \times 10^{16} - 10^{17} \text{ cm}^{-3}$$

5 Es difícil obtener la concentración de impurezas suficientemente alta en el germanio para obtener un gran efecto de difusión de retardo.

10 Por la presencia de la parte de la región de base que está a una mayor profundidad en el cuerpo que en la parte estrecha situada debajo del emisor, se obtiene un transistor que es adecuado para uso en circuitos de control automático de ganancia ya que al ser aumentada la corriente de emisor, la inyección de portadores de minoría en la región de base será más concentrada en los lados de la región de emisor,
15 de modo que el paso de portadores de minoría inyectados desde esas partes de la región de emisor tiene lugar a través de una parte más ancha de la región de base con el consiguiente aumento en el tiempo de tránsito a través de la región. Por consiguiente, al aumentar la corriente de emisor disminuirá
20 la respuesta de frecuencia de manera que disminuirá la ganancia de potencia.

Al referirnos aquí a la formación de la región de emisor mediante la difusión inicial del elemento de impureza que determina tipo de conductividad característico del primer
25 tipo de conductividad, debe entenderse que significa la difusión del elemento para formar una concentración de impurezas de emisor adecuada en la parte del cuerpo en la cual está finalmente situado el emisor y el límite de la cual, es decir, la unión de emisor-base, viene determinado por la difusión siguiente del elemento de impureza que determina tipo
30



de conductividad característico del tipo de conductividad opuesto.

5 La difusión subsiguiente del elemento de impureza que determina el tipo de conductividad característico del tipo de conductividad opuesto puede tener lugar en una segunda parte expuesta de la primera superficie la cual rodea a la primera parate por todos los lados, de tal modo que la región de base difundida formada en el cuerpo o parte de cuerpo rodea a la región de emisor por todos los lados dentro del cuerpo o parte de cuerpo.

10 El coeficiente de difusión del elemento de impureza que determina el tipo de conductividad característico del tipo de conductividad opuesto en el material del cuerpo o parte de cuerpo semiconductor del primer tipo de conductividad, puede ser de al menos cinco veces, o incluso de al menos cien veces, el coeficiente de difusión del elemento de impureza que determina el tipo de conductividad característico del primer tipo de conductividad en el material del cuerpo o parte de cuerpo semiconductor del primer tipo de conductividad, a las

15 temperaturas de difusión referidas. Las características del transistor vendrán determinadas, entre otros factores por la diferencia en los coeficientes de difusión de los dos elementos de impureza y para la actuación óptima se desea una diferencia tan grande como sea posible. No obstante, los elementos de impureza reales elegidos vendrán también determinados por

20 sus propiedades físicas con referencia al material del cuerpo o parte de cuerpo semiconductor y a otros materiales empleados en la fabricación.

25 La fig. 1 de los dibujos es un gráfico que muestra las concentraciones C de las impurezas en un cuerpo o parte

30



de cuerpo semiconductor como ordenadas a una escala logarí-
mica y la distancia de la superficie como abscisas a una es-
cala lineal. Para mayor claridad el cuerpo o parte de cuerpo
se ha representado inicialmente como del tipo n , siendo la
5 primera impureza difundida un donador con un coeficiente de
difusión relativamente lento en el material de cuerpo o par-
te de cuerpo y siendo la segunda impureza difundida un acep-
tador que tiene un coeficiente de difusión relativamente rá-
pida en el material del cuerpo o parte de cuerpo. La difu-
10 sión de aceptador se ha representado para la región del cuer-
po que contiene la concentración de donador previamente di-
fundida en cuya región se retarda selectivamente la difusión
y para la región adyacente para la cual la difusión no es al-
terada. Por conveniencia, la concentración superficial de
15 aceptador se ha representado la misma para ambas regiones. La
resistividad de lámina de la distribución de aceptador no al-
terada en la región de base de tipo p en los lados de la re-
gión de emisor de tipo n será mucho menor que la resistivi-
dad de lámina de la parte de la región de base de tipo p si-
20 tuada debajo de la región de emisor que contiene la distri-
bución de aceptador retardado. Por consiguiente, para una
cierta resistividad de lámina en la región de base eficaz,
es decir, la parte de la región de base situada debajo de la
región de emisor, la resistencia de base total del transis-
25 tor es menor que en un transistor difundido doble producido
difundiendo primero la impureza de aceptador para formar la
región de base, seguida por la difusión de la impureza de do-
nador para formar la región de emisor. No obstante, para una
concentración fija de impurezas de aceptador en la unión de
30 emisor-base, el rendimiento de emisor es menor debido a que



hay una mayor concentración de impurezas de aceptador en la
región de emisor de tipo n. Por consiguiente, en la fabri-
cación de un transistor por el método de acuerdo con el in-
vento, la difusión de las dos impurezas debe ser controlada
5 para conseguir un compromiso adecuado entre el rendimiento
de emisor y la resistencia de base.

El elemento de impureza que determina tipo de con-
ductividad característico del primer tipo de conductividad pue-
de ser difundido en una primera parte superficial de la prime-
ra superficie expuesta mediante una abertura en una capa ais-
lante protector adherente aplicada al cuerpo semiconductor al
10 menos en la primera superficie plana y a la cual es impermea-
ble el citado elemento de impureza. Luego puede efectuarse la
difusión del elemento de impureza que determina tipo de con-
ductividad característico del tipo de conductividad opuesta
15 en diversas formas dependiendo de la clase de transistor que
se desee fabricar, por ejemplo, un transistor de mesa o un -
transistor de los llamados "planos".

Así, en una forma preferida del método en la fabri-
cación de un transistor de los llamados "planos", se forma una
20 capa aislante protectora adherente sobre al menos la primera
superficie plana del cuerpo o parte del cuerpo semiconductor,
se efectúa una primera abertura en la capa de enmascaramiento
para exponer la primera parte superficial, se difunde un ele-
25 mento de impureza que determina tipo de conductividad caracte-
rístico del primer tipo de conductividad, al cual es impermea-
ble la capa aislante, en la primera parte superficial así ex-
puesta para formar una concentración de impurezas de región de
emisor, se hace una segunda abertura en la misma capa aislan-
30 te para exponer la segunda parte superficial y se difunde un



elemento de impureza que determina tipo de conductividad ca-
racterístico del tipo de conductividad opuesto, al cual es
impermeable la capa aislante, en la segunda parte superfi-
cial así expuesta para formar simultáneamente la unión de
5 base-colector y la unión de emisor-base, que ambas se extienden
hasta la primera superficie.

En este método, durante o a continuación de la di-
fusión del elemento de impureza que determina tipo de conduc-
tividad característico del tipo de conductividad opuesto en
10 la segunda parte, puede reformarse una capa aislante protec-
tora adherente sobre la segunda parte superficial que queda
junto a la capa aislante previamente formada y luego se ha-
cen nuevas aberturas en la capa aislante para exponer las re-
giones de base y de emisor donde se extienden hasta la prime-
ra superficie y se efectúa contacto óhmico con las regiones
15 de emisor y de base así expuestas depositando material de con-
tacto óhmico en las nuevas aberturas mientras se dejan perma-
nentemente en posición la capa aislante que cubre las partes
de la unión de emisor-base y la unión de base-colector que se
20 extienden hasta la primera superficie. El cuerpo semiconduc-
tor puede ser de silicio y la capa aislante protectora adhe-
rente de óxido de silicio. El cuerpo o parte de cuerpo semi-
conductor puede ser inicialmente de silicio de tipo n , el ele-
mento de impureza que determina tipo de conductividad caracte-
rístico del primer tipo de conductividad difundido es arséni-
25 co, y el elemento de impureza que determina tipo de conducti-
vidad característico del segundo tipo de conductividad subsi-
guientemente difundido es boro.

Aunque la diferencia en los coeficientes de difusión
30 de las impurezas arsénico y boro no es tan alto como, por ejem-



94

plo, las de arsénico y galio, se han elegido las impurezas -
arsénico y boro debido a que el óxido de silicio es impermea-
ble a la difusión de esas dos impurezas, Otro par de impure-
zas, también adecuadas para este método de fabricación de un
5 transistor plano de silicio n-p-n son el antimonio y el boro,
la difusión de los cuales es también eficazmente impedida por
el óxido de silicio.

En otra forma preferida del método, en la fabrica-
ción de uno de los llamados transistores de "mesa", el ele-
10 mento de impureza que determina tipo de conductividad carac-
terístico del primer tipo de conductividad es difundido en la
primera parte superficial de la primera superficie expuesta me-
diante una primera abertura en una capa aislante protectora
adherente en la primera superficie y a la cual es impermeable
15 el elemento difundido característico del primer tipo de conduc-
tividad, a continuación se elimina la capa aislante y luego se
difunde el elemento de impureza que determina tipo de conduc-
tividad característico del tipo de conductividad opuesto so-
bre la totalidad del área de la primera superficie. El cuerpo
20 o parte de cuerpo semiconductor puede ser de silicio y la ca-
pa aislante protectora adherente puede ser de óxido de sili-
cio.

Así, en uno de tales métodos de fabricación de un
transistor de "mesa" el cuerpo o parte de cuerpo semiconduc-
25 tor es inicialmente de silicio de tipo n, el elemento de impu-
reza que determina tipo de conductividad característico del
primer tipo de conductividad inicialmente difundido es arsé-
nico y el elemento de impureza que determina conductividad ca-
racterístico del tipo de conductividad opuesto subsiguiente-
30 mente difundido es galio. Este par de elementos de impureza



es adecuado ya que hay una diferencia relativamente grande en sus coeficientes de difusión y la impureza del primer tipo, es decir, el arsénico difundido a través de la abertura en la capa de óxido de silicio, es enmascarado por la capa. Tal método en el cual el óxido de silicio es eliminado de la superficie antes de la difusión del galio, puede ser superior a un método en el cual el óxido de silicio está todavía en posición o en partes de la superficie durante la difusión del galio. La eliminación completa del óxido de silicio, evita el riesgo de difusión de arsénico desde el óxido activado, y proporciona una superficie de óxido libre limpia sobre la cual se produce la difusión del galio y más allá de la cual la profundidad de penetración será uniforme sobre la parte que no contiene el arsénico previamente difundido, y más allá de la cual también será uniforme la profundidad de penetración, y por tanto también el retardo, sobre la parte que contiene el arsénico previamente difundido.

Otros pares adecuados de elementos de impureza para este método de fabricación de un transistor de "mesa" de silicio n-p-n, son el arsénico y el aluminio, el arsénico y el boro, el arsénico y el indio, el fósforo y el galio, el antimonio y el galio, el antimonio y el aluminio, el antimonio y el indio, el antimonio y el boro, el fósforo y el aluminio.

A continuación de la segunda difusión, se forma una estructura de mesa. Hay varios métodos alternativos de formar contactos con las regiones de emisor y de base y efectuar el ataque químico de mesa. En un método preferido, a continuación de la difusión sobre toda el área de la primera superficie del elemento de impureza que determina tipo de conduc-



tividad característico del tipo de conductividad opuesto, en forma una capa aislante protectora adherente sobre la primera superficie, se hacen aberturar en la capa aislante para exponer las regiones de emisor y de base donde se extienden hasta la superficie, se hace contacto óhmico con esas regiones depositando material de contacto óhmico en las aberturas y luego se ataca químicamente el cuerpo para formar una mesa y limitar la extensión natural de la región de base y de la unión colector-base que está debajo. Cuando el cuerpo o parte de cuerpo semiconductor se de silicio, la capa aislante puede ser de óxido de silicio, el cual puede dejarse permanentemente en posición sobre al menos aquella parte de la superficie donde la unión de emisor-base se extiende hasta la superficie.

A continuación se describirán realizaciones del invento. Inicialmente se darán algunos ejemplos de las sucesivas difusiones de un elemento donador y de un elemento aceptador en un cuerpo de silicio de tipo n. Estos ejemplos sirven para ilustrar el retardo selectivo del elemento aceptador por la presencia de la concentración del elemento donador previamente difundido. Luego se darán dos ejemplos del método de fabricación de un transistor, en primer lugar un método de fabricación de un transistor difundido doble plano de silicio y en segundo lugar un método de fabricación de un transistor difundido doble de mesa de silicio, con referencia a las Figs. 2 a 18, y con referencia a las Figs. 2 a 5 y 19 a 23, respectivamente, de los dibujos que se acompañan.

En los ejemplos que siguen, el material de partida en cada caso es un cuerpo de silicio de tipo n en forma de oblea de dimensiones 1 cm. x 0,8 cm. x 200 micras de grueso



y que tiene una resistividad de 5 óhmios-cm. que está activa-
do uniformemente con fósforo en una concentración de 10^{15} áto-
mos/cc. De una manera corrientemente empleada en la técnica
de los semiconductores, se cubre el cuerpo con una capa ais-
lante protectora adherente de óxido de silicio mediante oxi-
dación en oxígeno húmedo. Se forman aberturas en la capa de
5 óxido sobre una superficie principal del cuerpo para dejar una
pluralidad de tiras del óxido que se extienden a través de la
superficie cada una de 0,5 mm de anchura y que tienen una se-
paración mutua de 0,5 mm. Este procedimiento se lleva a cabo
10 con el uso del elemento fotosensible resistente y un procedi-
miento de ataque químico también empleado corrientemente en la
técnica de los semiconductores.

EJEMPLO I

15 Se colocó una de tales obleas en un tubo de sílice
en que se había hecho el vacío y se había cerrado hermética-
mente, con una cantidad de arsénico y se calentó a 1.000° C
durante 90 minutos para difundir arsénico en el cuerpo a tra-
vés de las aberturas en la capa de óxido de silicio y formar
20 regiones n en el cuerpo junto a la superficie en las abertu-
ras. Este tratamiento produjo una concentración superficial
de arsénico en las aberturas de más de 10^{21} átomos /cc. Luego
se eliminó la capa de óxido de silicio disolviendo en fluoru-
ro de hidrógeno. Entonces se colocó el cuerpo en un horno jun-
to a un manantial de óxido de galio y se calentó a 1.300° C -
25 durante 4 minutos mientras se hacía pasar una mezcla de nitró-
geno e hidrógeno sobre el óxido de galio y luego sobre el cuer-
po. Durante esa fase de calentamiento, el galio que se obtuvo
del óxido de galio y el cual se difunde más rápidamente que el
30 arsénico en silicio, se difunde en la superficie, penetra



en el cuerpo más profundamente que el arsénico previamente difundido y es retardado en aquellas partes del cuerpo que contienen la concentración de arsénico previamente difundido. En esas regiones adyacentes a la superficie, la concentración de arsénico es mayor que la concentración de galio difundido, de modo que esas regiones siguen siendo del tipo n. Por consiguiente la difusión de galio produce simultáneamente dos uniones p-n y la difusión de galio es retardada por la concentración de arsénico previamente difundido hasta tal punto que la unión p-n que está más profunda en el cuerpo tiene una forma escalonada. La Fig. 1 muestra la clase de patrón de difusión de impurezas obtenido por un método de acuerdo con el invento. En el diagrama de la Fig. 1 se ha representado $\log C$ en función de x , siendo C la concentración de impurezas y x la distancia desde la superficie de la oblea, La línea C_1 se refiere a la concentración de donadores original en la oblea de partida, la curva b_1 se refiere a la difusión de aceptadores no perturbada y la curva d_2 a la difusión de aceptadores retardada, la curva a se refiere al donador difundido. Las dimensiones x_e , x_{b_1} , x_{b_2} , w y d indicadas en la Fig. 1 se miden usando una técnica adecuada de seccionamiento y teñido. Los valores obtenidos fueron los siguientes:

$x_e = 2,9$ micras; $x_{b_1} = 4,3$ micras; $x_{b_2} = 4,8$ micras; $w = 1,4$ micras y $d = 0,5$ micras. Así, la anchura de las regiones de tipo p estrechas situadas debajo de la posición en que fué eliminado el óxido de silicio para la difusión inicial de arsénico es de 1,4 micras y la difusión de galio ha sido retardada hasta tal punto que el escalón en la unión p-n que está más profundo en el cuerpo es de 0,5 micras.



EJEMPLO 2

Las condiciones fueron similares a las del Ejemplo 1, excepto en que la difusión de galio fué llevada a cabo durante un periodo más largo, a saber de 8 minutos a 1.300°C.

5 Esto dió los siguientes valores:

$$x_e = 3,2 \text{ micras}; \quad x_{b_1} = 5,7 \text{ micras}; \quad x_{b_2} = 6,5 \text{ micras};$$

$$x = 2,5 \text{ micras y } d = 0,8 \text{ micras.}$$

EJEMPLO 3

10 Las condiciones fueron similares a las del Ejemplo 1, excepto en que la difusión del galio fué llevada a cabo durante 12 minutos a 1.300°C. Esto dió los siguientes valores:

$$x_e = 3,5 \text{ micras}; \quad x_{b_1} = 6,9 \text{ micras}; \quad x_{b_2} = 7,7 \text{ micras};$$

$$w = 3,4 \text{ micras}; \quad d = 0,8 \text{ micras.}$$

EJEMPLO 4

15 Las condiciones fueron similares a las del Ejemplo 1, excepto en que la difusión del galio fué llevada a cabo durante 16 minutos a 1.300°C. Esto dió los siguientes valores:

$$x_e = 3,8 \text{ micras}; \quad x_{b_1} = 7,5 \text{ micras}; \quad x_{b_2} = 8,3 \text{ micras};$$

$$w = 3,7 \text{ micras y } d = 0,8 \text{ micras.}$$

20 EJEMPLO 5

En este Ejemplo, el material de partida fué el mismo que en el Ejemplo, 1, pero en lugar de una difusión de arsénico inicial, se efectuó una difusión de fósforo. El cuerpo fué colocado en un horno en el cual se hizo pasar gas nitrógeno sobre pentóxido de fósforo a 210°C y se calentó a 1.000°C durante 10 minutos. El cuerpo fué retirado del tubo, se eliminó la capa de óxido de silicio y luego se efectuó la difusión del galio en condiciones similares a las del Ejemplo 3, es decir,



para 12 minutos a 1.300°C. Esto dió los siguientes valores:
 $x_e = 3,6$ micras; $x_{b_1} = 4,7$ micras; $x_{b_2} = 6,4$ micras;
 $x = 1,1$ micras y $d = 1,7$ micras.

EJEMPLO 6

5 Las condiciones fueron similares a las del Ejemplo 5 excepto en que la difusión de fósforo se efectuó durante un periodo más corto, a saber de 5 minutos a 1.000°C. Esto dió los siguientes valores:

$x_e = 5,0$ micras; $x_{b_1} = 7,3$ micras; $x_{b_2} = 8,2$ micras;

10 $w = 2m3$ micras; y $d = 0,9$ micras.

EJEMPLO 7

En este ejemplo la difusión inicial fué de arsénico durante 90 minutos a 1.000°C. Luego se eliminó la capa de óxido de silicio y se efectuó una difusión de boro durante 120 minutos a 1.100°C. Se obtuvieron los siguientes valores:

15 $x_e = 2,6$ micras; $x_{b_1} = 4,9$ micras; $x_{b_2} = 5,8$ micras;

$w = 2,3$ micras; $d = 0,9$ micras.

A continuación se describirá un método de fabricación de un transistor difundido doble plano epitaxial de silicio con referencia a las figuras 2 a 18 de los dibujos que ilustran secciones a través de parte de un cuerpo semiconductor durante etapas consecutivas de la fabricación.

La fabricación parte de una oblea de 2,5 cm. de diámetro de silicio de tipo n de baja resistividad en el cual el fósforo es el elemento de impureza donador en una concentración de 3×10^{18} átomos/cc., que se esmerila hasta un espesor de 250 micras y se pule de modo que tenga una estructura de cristal exento de daños y un acabado ópticamente plano en una de sus superficies mayores. Siendo el material de partida



una oblea de 2,5 cm de diámetro, producirá una pluralidad de transistores llevando a cabo operaciones subsiguientes en la fabricación usando máscaras adecuadas tales que se formen una pluralidad de dispositivos aislados sobre la
5 oblea única que son más tarde separados por corte en cubos pero ahora se describirá el método con referencia a la formación de cada dispositivo aislado, dándose por supuesto que cuando se hace referencia a las operaciones de enmas-
carado, difusión, ataque químico y asociadas, esas ope-
10 raciones son pues llevadas a cabo simultáneamente para cada dispositivo aislado sobre la oblea única antes de cortar en cubos.

Una capa de silicio de tipo n de más alta resisti-
vidad de 10 micras de gruesa es desarrollada epitaxialmente
15 por depósito desde la fase de vapor sobre la superficie pre-
parada de la oblea, conteniendo la capa epitaxial el elemen-
to donador fósforo en una concentración de $\times 10^{15}$ átomos/cc.
Entonces se desarrolla una capa aislante de óxido de silicio
de aproximadamente 0,5 micras de grueso sobre la superficie
20 de la capa depositada epitaxialmente, por tratamiento a
1.200°C durante 35 minutos en una atmósfera de oxígeno húme-
do.

Una capa fotosensible de reserva resistente o pro-
tectora consistente en material que se encuentra comercial-
25 mente con el nombre K.P.R. (Kodak Photo Resist) es aplicada
a la superficie de la capa de óxido de silicio situada sobre
la capa depositada epitaxialmente. La figura 2 ilustra parte
de la rebanada consistente en un sustrato 1 de silicio de tipo
 n^+ que tiene una capa 2 epitaxial de silicio de tipo n sobre
30 ella con una capa 3 de óxido de silicio sobre la superficie



de la capa 2 epitaxial cubierta con una capa 4 del elemento de la fotoreserva.

5 Con ayuda de una máscara se expone la capa de fotoreserva 4 de tal modo que un área circular de 75 micras de diámetro es apantallada de la radiación incidente. La parte no expuesta de la capa de reserva es eliminada con un revelador de modo que se forma una abertura circular de 75 micras de diámetro en la capa de reserva. La capa de óxido de silicio que queda debajo expuesta por la abertura es entonces atacada químicamente con un fluido consistente en fluoruro de hidrógeno y fluoruro amónico. El ataque químico se lleva a cabo hasta que se forma una abertura de 75 micras de diámetro en la capa de óxido de silicio, como se ha ilustrado en la figura 3.

10 La capa de reserva fotosensible es entonces eliminada del resto de la superficie de la capa de óxido de silicio por ebullición en una mezcla de peróxido de hidrógeno y ácido sulfúrico. Ello da por resultado una parte de cuerpo como se ha ilustrado en la figura 4, con una abertura 5 en la capa de óxido de silicio.

15 Entonces se coloca el cuerpo en un horno de dos zonas y se difunde arsénico en la superficie expuesta por la abertura 5 para formar una concentración de emisor que está constituida por una región de tipo n^+ de baja resistividad junto a la superficie. La región 6 n^+ se ha indicado en la figura 5 como teniendo un límite, pero en la práctica la disminución de la concentración de donador a partir de la superficie al aumentar la distancia desde la superficie será gradual. La difusión es llevada a cabo en un horno de dos zonas con una fuente de arsénico consistente en trióxido de arsé-



nico mantenido a una temperatura de 1.200°C en una zona, y el cuerpo de silicio se mantiene a una temperatura de 1.280°C en la otra zona. La difusión se efectúa haciendo pasar nitrógeno sobre el trióxido de arsénico calentado y luego sobre el cuerpo de silicio. El tiempo de difusión es de 4 minutos y
5 ello dá por resultado una concentración superficial de arsénico en la región n^+ superior a 10^{21} átomos/cc.

El cuerpo de silicio es retirado del horno y se aplica a la superficie una nueva capa fotosensible de reserva de K.P.R. La figura 6 ilustra tal capa 7 fotosensible de reserva sobre la superficie y llenando la abertura 5. La capa 7 es entonces expuesta con ayuda de una máscara tal que un área circular de 175 micras de diámetro, la cual incluye el área de la abertura 5 previamente formada, esté apantallada
10 de la radiación incidente. La parte no expuesta de la capa 7 es eliminada con un revelador de modo que se forma una abertura circular de 175 micras de diámetro en la capa fotosensible de reserva. La figura 7 ilustra tal abertura en la capa 7, Entonces se efectúa el ataque químico con el agente de
15 ataque químico que anteriormente se ha hecho referencia para formar la correspondiente abertura de 175 micras de diámetro en la capa de óxido de silicio en una posición por debajo de la abertura en la capa de reserva. La figura 8 ilustra tal
20 abertura 8. El restante elemento fotorresistente sobre la superficie des entonces eliminado por ebullición en una mezcla de peróxido de hidrógeno y ácido sulfúrico.
25

Se coloca el cuerpo en un horno de dos zonas y se difunde boro en la parte superficial expuesta por la abertura 8. La difusión de boro es retardada en la región n^+ , es decir
30 en la región que contiene una alta concentración de arsénico



difundido. La concentración de boro difundido junto a la superficie es menor que la del arsénico y por consiguiente la difusión de boro dá por resultado la formación simultánea de dos uniones p-n que se extienden ambas hasta la superficie. La figura 9 ilustra el cuerpo después de la difusión de boro, con una región 9 de emisor n⁺m, una región 10 de base de tipo p, una región 11 de colector de tipo n, una unión 12 de emisor-base y una unión 13 de colector-base. Debido al retardo selectivo del boro, parte de la región de base 10 que queda debajo del emisor está a una profundidad desde la superficie menor que la parte adyacente que se extiende hasta la superficie. La difusión de boro se lleva a cabo en un horno de dos zonas en el cual una fuente de boro consistente en trióxido de boro es mantenida a una temperatura de 920°C en una zona y el cuerpo de silicio es mantenido a una temperatura de 1.100°C en la otra zona. La difusión se efectúa haciendo pasar primero nitrógeno y luego hidrógeno sobre el trióxido de boro calentado y luego sobre el cuerpo de silicio. Las condiciones de difusión se ajustan de modo que la unión de emisor-base esté finalmente situada a una profundidad de 3 micras desde la superficie, que las dos partes de la región de base estén a profundidades de 4 micras y 5 micras respectivamente, es decir, que la anchura de base bajo el emisor sea de 1 micra y el retardo sea de 1 micra. La concentración superficial de boro es del orden de 10^{18} átomos/cc. Durante la difusión del boro, la superficie del cuerpo es la abertura 8 resulta cubierta con una delgada capa de boro vítreo y que tiene debajo óxido de silicio (no representadas en la figura).

Se retira el cuerpo del horno y una nueva capa de



óxido de silicio desarrollada en la abertura 8 y la capa de óxido de silicio que permanece sobre la superficie se hacen más gruesas. La figura 10 muestra el cuerpo con la capa de óxido 16 vuelta a desarrollar sobre la superficie.

5 Una capa 17 de elemento fotosensible de reserva K.P.R., es luego aplicada a la capa de óxido de silicio como se ha ilustrado en la figura 11. Con ayuda de una máscara la capa 17 es expuesta de modo que dos áreas están apantalladas de la radiación incidente, siendo una un área circular de 50 micras de diámetro situadas por encima de la región de emisor 9 y siendo la otra de forma anular de 100 micras de diámetro interior y de 150 micras de diámetro exterior y situada encima de la región de base 10 donde ésta se extiende hasta la superficie. La parte no expuesta de la capa de reserva es eliminada por revelado de modo que se forman dos aberturas en la capa de fotorreserva como se ha ilustrado en la figura 12. Entonces se lleva a cabo el ataque químico, con la solución a que anteriormente se ha hecho referencia para formar alturas correspondientes en la capa de óxido de silicio en posiciones debajo de las aberturas en la capa de fotorreserva 17. La figura 13 muestra las aberturas 18 y 19 en la capa 16. Entonces se elimina el resto de la capa de fotorreserva por ebullición de una mezcla de peróxido de hidrógeno y ácido sulfúrico,

15
20
25 Entonces se evapora aluminio sobre la superficie superior del cuerpo. La figura 14 muestra la capa de aluminio 21 en las aberturas 18 y 19 y sobre la superficie de la capa 16 de óxido de silicio. La superficie se cubre entonces con una capa fotosensible existente en el comercio con el nombre de "Kopierlac". La figura 15 muestra la capa 22 de laca. La laca es expuesta con la ayuda de una máscara tal que las áreas



de las mismas dimensiones y en coincidencia con las aberturas previamente formadas 18 y 19 son expuestas a la radiación incidente. Las partes no expuestas de la capa de laca son luego eliminadas usando una solución débil de hidróxido potásico. Esto deja partes de la capa de laca por encima de la capa restante 21 en posiciones correspondientes a la posición de las aberturas 18 y 19 en la capa de óxido de silicio, como se ha ilustrado en la figura 16. Las partes de la capa 21 de aluminio no protegidas por la capa de laca son entonces disueltas en ácido ortofosfórico para dar un cuerpo como el ilustrado en la figura 17. La restante laca es luego disuelta en acetona. Se obtiene así un cuerpo como el ilustrado en la figura 18 con capas restantes 23 y 24 en las ventanillas 18 y 19 respectivamente en la capa 16 de óxido de silicio. Entonces se coloca el cuerpo en un horno a 600°C durante 3 minutos en una atmósfera de nitrógeno para permitir que las capas de aluminio 23 y 24 con las partes superficiales que hay debajo del cuerpo formen contacto óhmico con las regiones de base y de emisor respectivamente.

Luego se divide la oblea de silicio en una pluralidad de pequeñas obleas separadas para producir una pluralidad de subconjuntos de transistor. La parte de sustrato n^{*} de cada subconjunto es soldada a una parte de colector de una envolvente. Luego se unen por termocompresión alambres a las capas de aluminio 23 y 24 y las otras extremidades de los alambres se conectan a montantes en la periferia del colector. El transistor es luego encapsulado por obturación de una parte de tapa del colector.

A continuación se describirá un método de fabricación de un transistor difundido doble de mesa epitaxial de



silicio con referencia a las figuras 2 a 5 y las figuras 19 a 23 de los dibujos que ilustran secciones a través de parte de un cuerpo semiconductor durante etapas consecutivas de la fabricación.

5

El método es idéntico al método anteriormente descrito hasta la operación de la difusión de arsénico, inclusive, que se ha descrito con referencia a las figuras 2 a 5. Luego se elimina la capa 3 de óxido de silicio que queda sobre la superficie por disolución en fluoruro de hidrógeno.

10

Entonces se coloca el cuerpo en un horno de dos zonas y se difunde galio sobre la totalidad de la superficie para formar una estructura como la que se ha representado en la figura 19. La difusión de galio se retarda de una manera similar al retardo de boro descrito en el método anterior. Así,

15

la figura 19 ilustra una región 29 de emisor de tipo n^+ , una región 30 de base de tipo p, una región 31 de colector de tipo n, una unión 32 de emisor-base que se extiende hasta la superficie y una unión 33 de colector-base que se extiende a través del cuerpo. La difusión de galio se lleva a cabo en

20

un horno de dos zonas en el cual una fuente de galio consistente en trióxido de galio es mantenida a una temperatura de 1.200°C en una zona y al cuerpo de silicio es mantenido a una temperatura de 1.250°C en la otra zona. La corriente de gases de una mezcla de nitrógeno e hidrógeno. Las condiciones

25

de difusión se ajustan de modo que la anchura y la profundidad de base sean sustancialmente similares a las descritas en el método anterior. Durante la difusión se forma una capa vítrea sobre la superficie y se disuelve luego en ácido fluorhídrico.

30

Entonces se vuelve a desarrollar una capa 35 de óxi



do de silicio sobre la superficie y se aplica una capa 36
de agente fotosensible de reserva a la capa 35. Técnicas si-
milares a las anteriormente descritas se emplean para formar
aberturas 37 y 38 en la capa 35 de óxido de silicio en posi-
5 ciones correspondientes a las posiciones de las regiones de
emisor y base sobre la superficie. La figura 20 muestra las
aberturas 37 y 38 en la capa de óxido 35 con las restantes
partes de la capa de fotoreserva 36 sobre la capa de óxido de
silicio. Estas partes de la capa 36 son luego eliminadas. A
10 continuación el aluminio es evaporado sobre la totalidad de
la superficie con técnicas de fototratamiento y de ataque quí-
mico similares a las descritas en el método anterior, se ob-
tienen capas 39 y 40 de aluminio, como se ha ilustrado en la
figura 21, en las aberturas 37 y 38 respectivamente. Después
15 de alear el aluminio a las partes de cuerpo que hay debajo se
aplica a la superficie una capa de material fotosensible de
reserva existente en el comercio con el nombre K.M.E.R. (Kodak
Metal Etch Resist) se aplica a la superficie y por técnicas de
de fototratamiento es eliminada selectivamente para dejar una
20 capa 41 como se ha ilustrado en la figura 22.

El cuerpo es entonces atacado químicamente para for-
mar una estructura de mesa por ataque con una mezcla de fluoru-
ro de hidrógeno, ácido nítrico y ácido acético. Esto produce
un cuerpo como el ilustrado en la figura 23, La oblea es enton-
25 ces dividida en subconjuntos de transistor cada uno de los cua-
les es soldado a un selector, se unen alambres a las zonas 39 y
40 y se efectua el encapsulado de un modo similar al anterior-
mente descrito.

Esta solicitud que corresponde a la presentada en
30 Gran Bretaña el 30 de Julio de 1.965 nº 32843/65 prov. y el 6



de Mayo de 1.966 completa, se acoge a los beneficios del artículo 51 del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.

- N O T A -

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 1.- Un método de fabricar un transistor que comprende un cuerpo semiconductor o parte de cuerpo que tiene una región de emisor difundida de un tipo de conductividad que se extiende hacia una superficie plana del cuerpo o parte de
15 cuerpo y situada en el cuerpo o parte de cuerpo interior a una región de base difundida del tipo de conductividad opuesto, en que las regiones de emisor y base están formadas en orden de sucesión por la difusión en una primera parte expuesta de una superficie plana de un cuerpo semiconductor o parte de
20 cuerpo de un tipo de conductividad de un elemento de impureza que determina el tipo de conductividad característico del primer tipo de conductividad que tiene una velocidad relativamente lenta de difusión en el material semiconductor del cuerpo o parte del cuerpo y proporciona concentraciones relativamente altamente difundidas y la difusión subsiguiente en una segunda parte expuesta de la primera superficie plana del cuerpo o parte del cuerpo que es de área mayor que incluye la primera parte de un elemento de impureza que determina el tipo de conductividad característico del tipo de conductividad



opuesto que tiene una velocidad relativamente rápida de difusión en el material del cuerpo semiconductor o parte de cuerpo y que es retardada selectivamente en aquella parte del cuerpo que contiene el elemento de impureza que determina el tipo de conductividad previamente difundido característico del primer tipo de conductividad tal que la parte de la región de base situada directamente por debajo de la región de emisor queda a una profundidad en el cuerpo desde la primera superficie menor que la profundidad de la parte adyacente de la región de base que se extiende hacia la primera superficie.

2.- Un método como se reivindica en el punto 1, en el cual la difusión subsiguiente del elemento de impureza que determina el tipo de conductividad característico del tipo de conductividad opuesto está una segunda parte expuesta de la primera superficie que rodea la primera parte por todos los lados, de tal manera que la región de base difundida formada en el cuerpo o parte del cuerpo rodea la región de emisor por todas partes dentro del cuerpo o parte del cuerpo.

3.- Un método como se reivindica en los puntos 1 ó 2, en el cual a las temperaturas de difusión interesadas el coeficiente de difusión del elemento de impureza que determina el tipo de conductividad característico del tipo de conductividad opuesto en el material del cuerpo semiconductor o parte de cuerpo del primer tipo de conductividad es al menos 5 veces el coeficiente de difusión del elemento de impureza que determina el tipo de conductividad característico del primer tipo de conductividad en el material del cuerpo semiconductor o parte de cuerpo del primer tipo de conductividad.

4.- Un método como se reivindica en cualquiera de



los puntos 1 a 3, en el cual una capa aislante protectora adherente se forma sobre al menos la primera superficie plana del cuerpo semiconductor o parte de cuerpo, se hace una primera abertura en la capa aislante para exponer la primera parte de superficie, un elemento de impureza que determina el tipo de conductividad característico del primer tipo de conductividad al cual es impermeable la capa aislante es difundido en la primera parte de superficie así expuesta para formar una concentración de impurezas de región de emisor, se hace una segunda abertura en la misma capa aislante para exponer la segunda parte de superficie y un elemento de impureza que determina el tipo de conductividad característico del tipo de conductividad opuesto al cual es impermeable la capa aislante es difundido en la segunda parte de superficie así expuesta para formar simultaneamente la unión base-colector y la unión emisor base las cuales se extienden hasta la primera superficie.

5.- Un método como se reivindica en el punto 4, en el cual durante o a continuación de la difusión del elemento de impureza que determina el tipo de conductividad característico del tipo de conductividad opuesta en la segunda parte de superficie se forma de nuevo una capa aislante protectora adherente sobre la segunda parte de superficie que se une a la capa aislante previamente formada y después se hace más aberturas en la capa aislante para exponer las regiones de emisor y base donde se extienden hasta la primera superficie y se hace contacto óhmico hasta las regiones de emisor de base así expuestas depositando material de contacto óhmico en las aberturas adicionales al tiempo que se deja permanentemente en su sitio la capa aislante que cubre las partes de la unión emisor-



base y la unión base-colector que se extienden hasta la primera superficie.

6.- Un método como se reivindica en los puntos 4 ó 5, en el cual el cuerpo semiconductor es de silicio.

5
7.- Un método como se reivindica en el punto 6, en el cual el cuerpo semiconductor o parte de cuerpo es inicialmente de silicio de tipo N, el elemento de impureza que determina el tipo de conductividad característico del primer tipo de conductividad difundido en primer lugar en arsénico y el elemento de impureza que determina el tipo de conductividad característico del tipo de conductividad opuesto difundido seguidamente es boro.

10
8.- Un método como se reivindica en el punto 6, en el cual el cuerpo semiconductor o parte de cuerpo es inicialmente silicio de tipo N, el elemento de impureza que determina el tipo de conductividad característico del primer tipo de conductividad difundido en primer lugar es antimonio y el elemento de impureza que determina el tipo de conductividad del tipo de conductividad opuesta difundido seguidamente es boro.

15
9.- Un método como se reivindica en cualquiera de los puntos 6 a 8, en el cual la capa aislante protectora adherente es de óxido de silicio.

20
10.- Un método como se reivindica en cualquiera de los puntos 1 a 3, en el cual el elemento de impureza que determina el tipo de conductividad característico del primer tipo de conductividad es difundido en la primera parte de superficie de la primera superficie expuesta por una primera abertura en una capa aislante protectora adherente sobre la primera superficie y a la cual el elemento difundido característico
25
del primer tipo de conductividad es impermeable, seguidamente
30



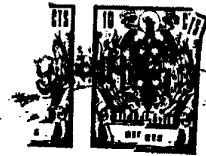
la capa aislante es eliminada y después el elemento de impureza que determina el tipo de conductividad característico del tipo de conductividad opuesto es difundido sobre todo el área de la primera superficie.

5 11.- Un método como se reivindica en el punto 10, en el cual el cuerpo semiconductor o parte de cuerpo es de silicio.

10 12.- Un método como se reivindica en el punto 11, en el cual el cuerpo semiconductor o parte de cuerpo es inicialmente de silicio de tipo N, el elemento de impureza que determina el tipo de conductividad característico del primer tipo de conductividad difundido en primer lugar es arsénico y elemento de impureza que determina el tipo de conductividad característico del tipo de conductividad opuesta difundido
15 seguidamente es galio.

20 13.- Un método como se reivindica en el punto 11, en el cual el cuerpo semiconductor o parte de cuerpo es inicialmente de silicio de tipo N, el elemento de impureza que determina el tipo de conductividad característico del primer tipo de conductividad difundido en primer lugar es arsénico y el elemento de impureza que determina el tipo de conductividad característico del tipo de conductividad opuesto difundido seguidamente es aluminio.

25 14.- Un método como se reivindica en el punto 11, en el cual el cuerpo semiconductor o parte de cuerpo es inicialmente de silicio de tipo N, el elemento de impureza que determina el tipo de conductividad característico del primer tipo de conductividad difundido en primer lugar es arsénico y el elemento de impureza que determina el tipo de conductividad característico del tipo de conductividad opuesto difundido seguidamente es boro.
30



5 15.- Un método como se reivindica en el punto 11, en el cual el cuerpo semiconductor o parte de cuerpo es inicialmente de silicio de tipo N, el elemento de impureza que determina el tipo de conductividad característico del primer tipo de conductividad difundido en primer lugar es fósforo y el elemento de impureza que determina el tipo de conductividad característico del tipo de conductividad opuesto difundido seguidamente es galio.

10 16.- Un método como se reivindica en el punto 12, en el cual el cuerpo semiconductor o parte de cuerpo es inicialmente de silicio de tipo N, el elemento de impureza que determina el tipo de conductividad característico del primer tipo de conductividad difundido en primer lugar es fósforo y el elemento de impureza que determina el tipo de conductividad característico del tipo de conductividad opuesto difundido seguidamente es aluminio.

15 17.- Un método como se reivindica en el punto 11, en el cual el cuerpo semiconductor o parte de cuerpo es inicialmente de silicio del tipo N, el elemento de impureza que determina el tipo de conductividad característico del primer tipo de conductividad difundido en primer lugar es antimonio y el elemento de impureza que determina el tipo de conductividad característico del tipo de conductividad opuesto difundido seguidamente es elegido del grupo boro, galio y aluminio.

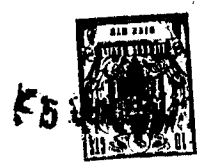
20 25 18.- Un método como se reivindica en cualquiera de los puntos 10 a 17, en el cual seguidamente a la difusión sobre toda el área de la primera superficie del elemento de impureza que determina el tipo de conductividad característico del tipo de conductividad opuesto se forma una capa aislante protectora

30



adherente sobre la primera superficie, se hacen aberturas en la capa aislante para exponer las regiones de emisor y base donde se extienden hasta la superficie, se hace contacto óhmico, hasta estas regiones depositando material de contacto óhmico en las aberturas y después el cuerpo - es sometido a ataque químico para formar una masa y limitar la extensión lateral de la región de base y en la unión colector-base dispuesta debajo.

19.- Un método de fabricar un transistor según cualquiera de los puntos 1 a 3 y puntos 10 a 17, siendo el transistor un transistor de mesa, en el cual se forma una capa aislante protectora adherente sobre la primera superficie plana del cuerpo o parte de cuerpo se hace una abertura en la capa aislante para exponer una parte de superficie del cuerpo o parte del cuerpo y después un elemento de impureza que determina el tipo de conductividad característico del primer tipo de conductividad al cual la capa aislante es impermeable y un elemento de impureza que determina el tipo de conductividad característico del tipo de conductividad opuesta que puede difundirse fácilmente a través de la capa aislante son difundidos simultáneamente en la primera superficie del cuerpo o parte de cuerpo, difundiendo el elemento del primer tipo en la parte de superficie expuesta y el elemento del tipo opuesto difundiendo en toda el área de la primera superficie de manera que se produce interacción de la difusión de los elementos de impureza en la porción del cuerpo o parte del cuerpo próxima a la parte de superficie expuesta y la difusión del elemento del tipo opuesta es selectivamente retardada en ella.



20.- Un método de fabricar un transistor según cualquiera de los puntos precedentes, siendo el transistor un transistor difundido doble de mesa de silicio - n-p-n, que comprende las operaciones de hacer una superficie plana sobre un cuerpo semiconductor o parte de cuerpo de silicio de tipo n, formar una capa aislante adherente protectora sobre la superficie plana, formar una primera abertura en la capa aislante para exponer una primera parte de superficie del cuerpo o parte del cuerpo que queda debajo, formar una concentración de impureza de región de emisor en el cuerpo o parte de cuerpo junto a la primera parte de superficie difundiendo en la primera parte de superficie expuesta por la primera abertura un elemento donador que tiene una velocidad relativamente baja de difusión en silicio, proporciona una concentración difundida relativamente alta y al cual es impermeable la capa - aislante de la superficie plana, formar una unión emisor-base y una unión colector-base simultáneamente por difusión en la superficie plana de un elemento aceptador que tiene una velocidad relativamente rápida de difusión de silicio de tal manera que la difusión del elemento donador es retardada selectivamente en la porción del cuerpo o parte de cuerpo que contiene la concentración de donador previamente difundido y la parte de región de base situada por debajo de la región de emisor se extiende a una profundidad desde la superficie plana menor que la profundidad de la parte próxima de la región de base que se extiende hasta la superficie plana, formar de nuevo una capa aislante - adherente protectora sobre la superficie plana, formar - aberturas en la capa aislante formada en último lugar pa-



ra exponer la región de emisor y la región de base donde se extienden hasta la superficie plana, depositar material de contacto óhmico en estas aberturas, y atacar químicamente el cuerpo semiconductor o parte de cuerpo para formar una estructura de mesa y limitar la extensión lateral de la región de base y de la unión base-colector - dejando permanentemente en su sitio la capa aislante al menos sobre las partes de la superficie plana hasta las cuales se extiende la unión emisor-base.

5
21.- Un método como se reivindica en el punto 20, en el cual el elemento donador difundido en la primera parte de superficie es antimonio o arsénico y el elemento aceptador difundido seguidamente en la superficie plana es elegido del grupo boro, galio y aluminio.

15
22.- Un método como se reivindica en el punto 20, en el cual el elemento donador difundido de la primera parte de la superficie es fósforo y el elemento aceptador difundido seguidamente en la superficie plana es galio o aluminio.

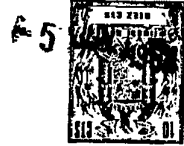
20
23.- Un método como se reivindica en cualquiera de los puntos 20 a 22, en el cual la capa aislante protectora adherente formada sobre la primera superficie plana es de óxido de silicio.

25
24.- Un método de fabricar un transistor según cualquiera de los puntos precedentes, siendo el transistor un transistor doble plano de silicio n-p-n, que comprende las operaciones de hacer una superficie plana sobre un cuerpo semiconductor o parte de cuerpo de silicio de tipo n, formar una capa aislante adherente protectora sobre la superficie plana, formar una primera abertura en la ca-

30



pa aislante para exponer una primera parte de superficie del cuerpo o parte del cuerpo que quedan debajo, formar una concentración de impureza de región de emisor en el cuerpo o parte de cuerpo junto a la primera parte de superficie difundiéndose en la primera parte de superficie -
5 expuesta por la primera abertura un elemento donador que consiste en antimonio o arsénico, formar una segunda abertura en la capa aislante para exponer una segunda parte de superficie del cuerpo o parte de cuerpo que queda debajo dentro de cuya parte está incluida la primera parte de superficie, formar simultáneamente una unión colector-base y una unión de emisor-base que se extienden ambas hasta la superficie plana difundiéndose el elemento aceptador boro en la segunda parte de superficie de manera que la difusión -
10 del boro es retardada selectivamente por la concentración de antimonio o arsénico difundido previamente y la parte de región de base situada directamente debajo de la región de emisor se extiende a una profundidad desde la superficie plana menor que la profundidad de la parte contigua de la región de base que se extienden hasta la superficie plana, formar de nuevo una capa aislante protectora adherente sobre la segunda parte de superficie durante o siguiendo a la difusión de boro en la segunda parte de superficie, formar otras aberturas en la capa aislante para exponer la región de emisor y la región de base donde se extienden hasta la superficie plana y depositar el material de contacto óhmico en estas otras aberturas dejando permanentemente en su sitio la capa aislante que cubre las partes de la unión emisor-base y la unión colector-base que se extienden hasta la superficie plana.
15
20
25
30



25.- Un método según el punto 24, en el cual la difusión de emisor y la difusión de base se realizan en orden de sucesión.

26.- Un método de fabricar un transistor.

5

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

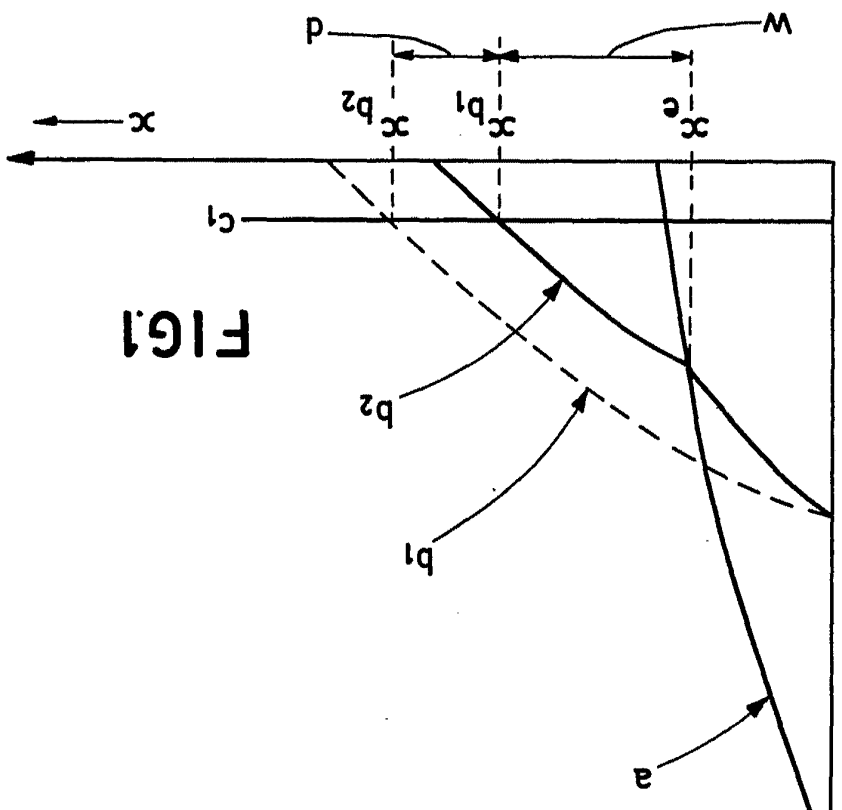
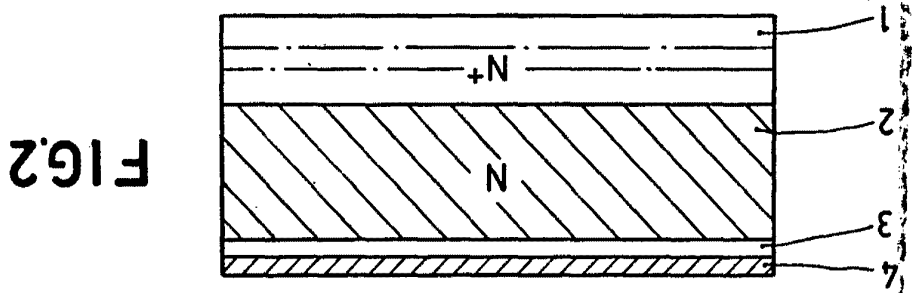
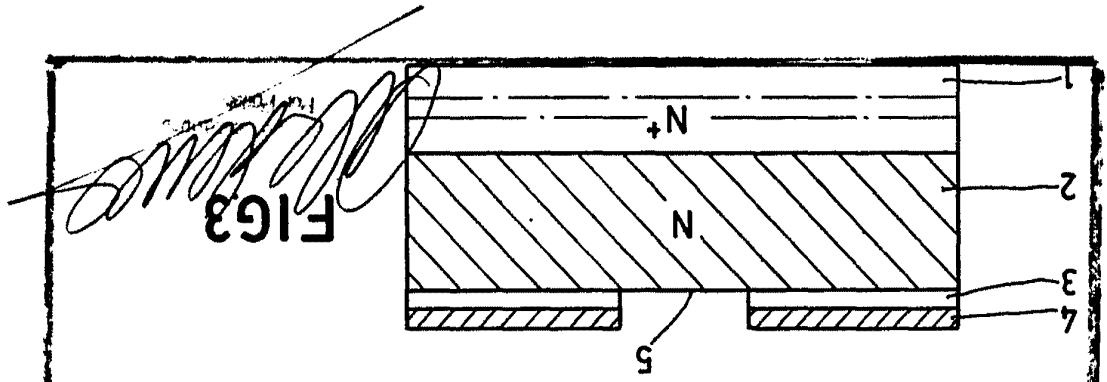
Esta Memoria consta de cuarenta y dos hojas escritas a máquina, por una sola cara.

Madrid,

25 JUN 1967

P. A.

Alberto del Escalante



N. A. PHILIPS ENGINEERING COMPANY

LOG. C



32 003

910

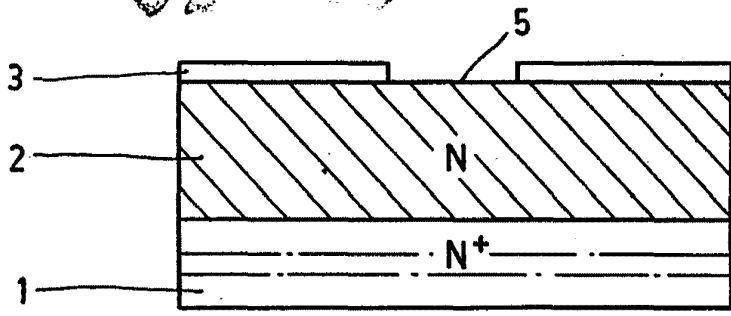


FIG. 4

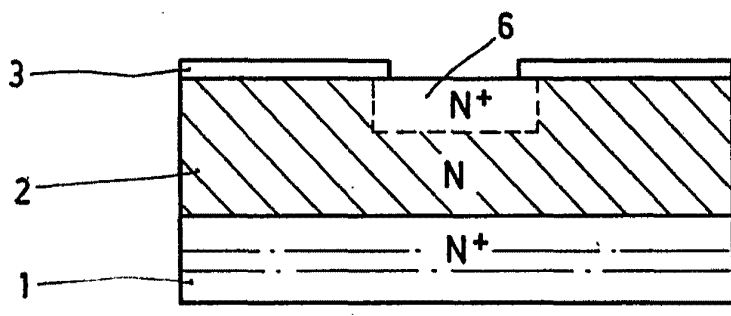


FIG. 5

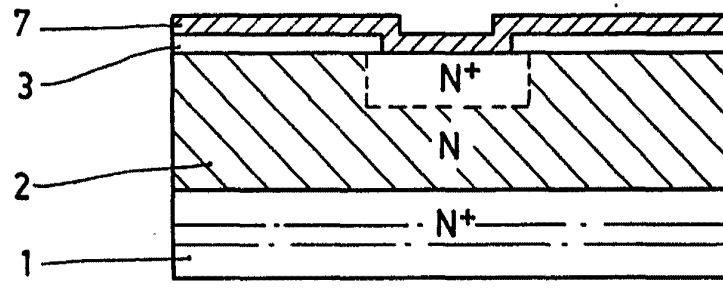


FIG. 6

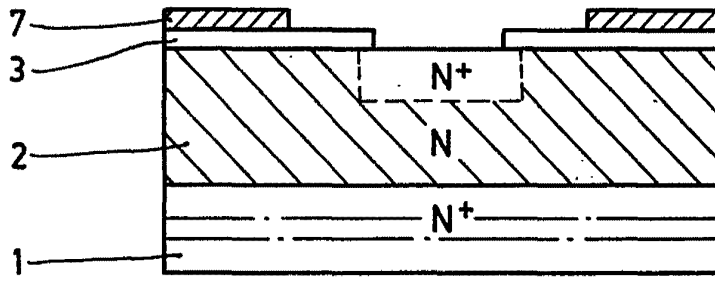


FIG. 7

Alph...



32000

9

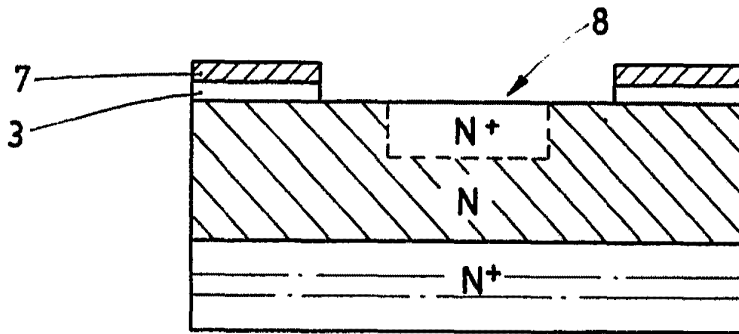


FIG. 8

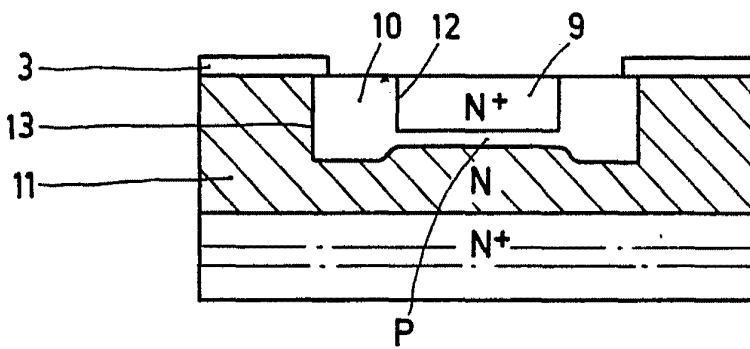


FIG. 9

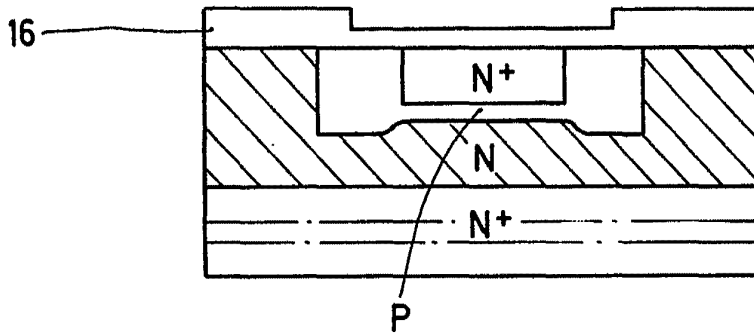


FIG. 10

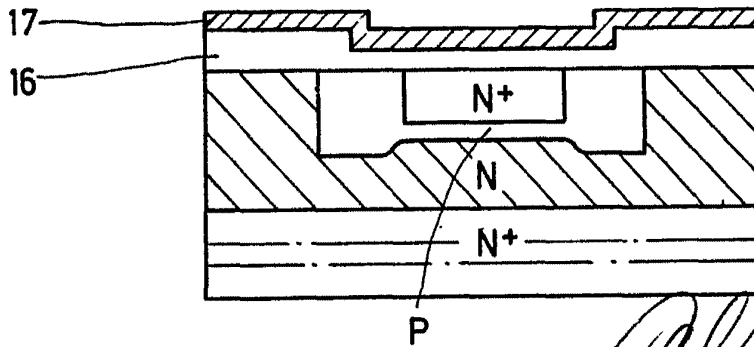


FIG. 11

Handwritten signature

32568

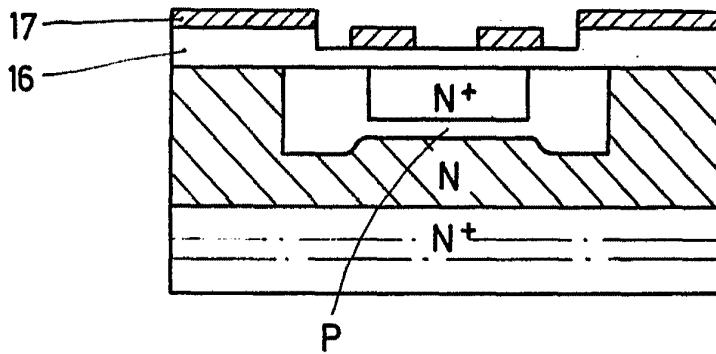


FIG. 12

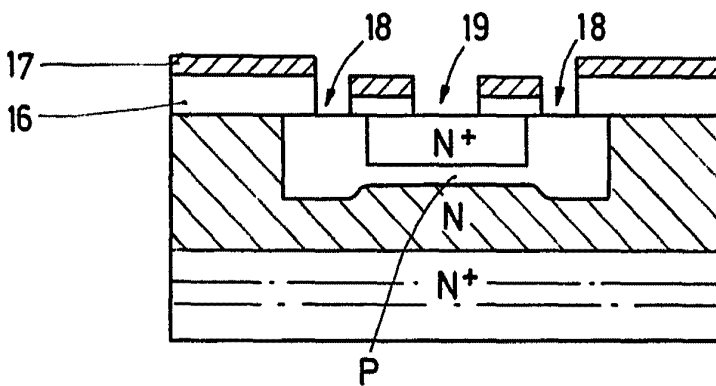


FIG. 13

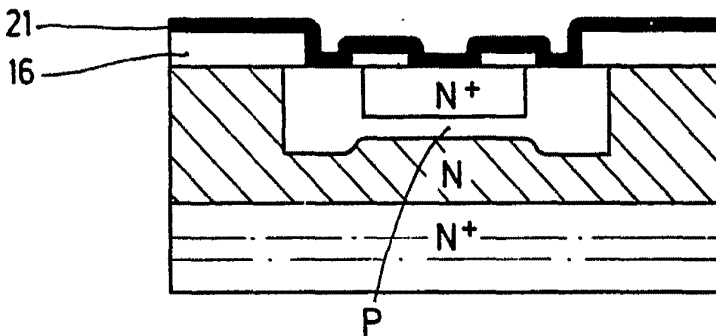


FIG. 14

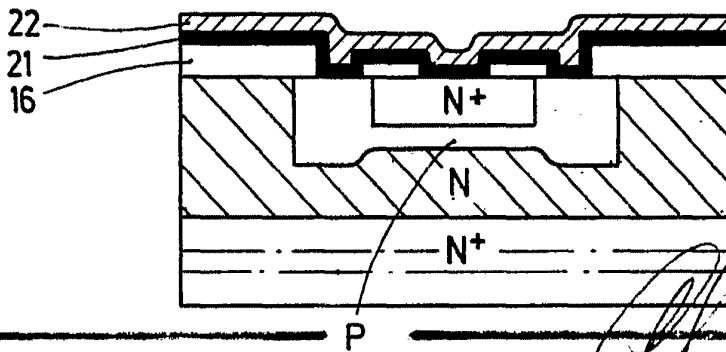


FIG. 15



329618

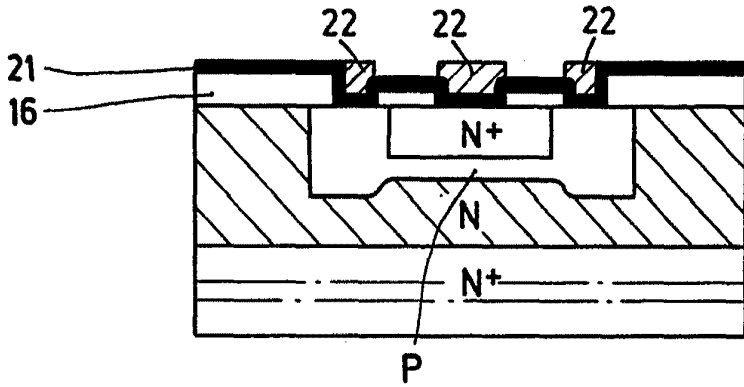


FIG.16

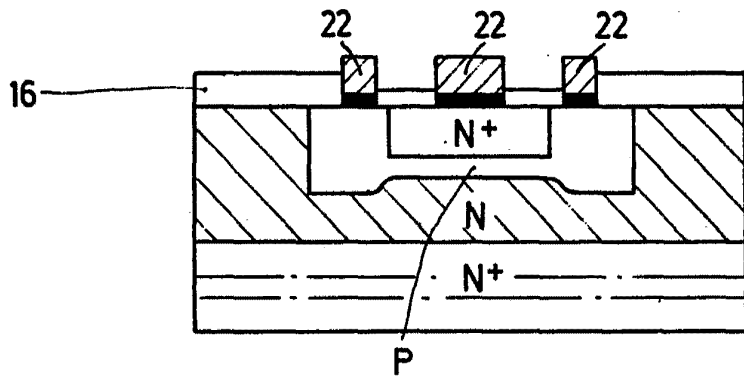


FIG.17

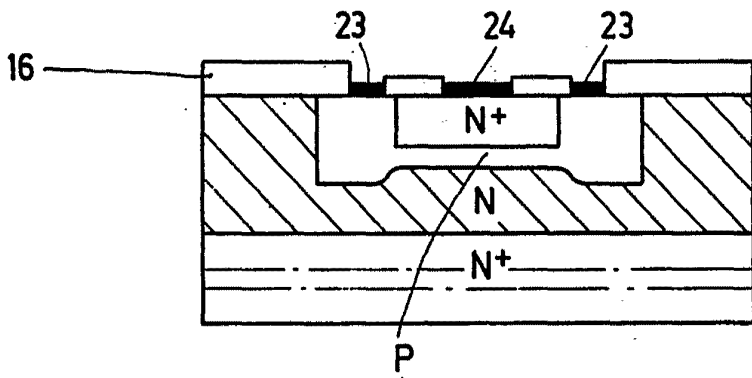


FIG.18

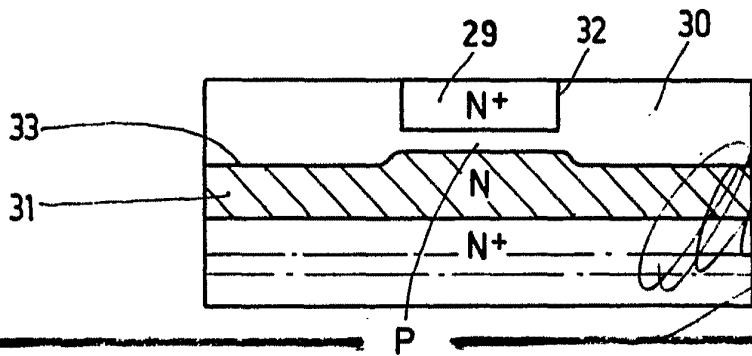


FIG.19

Alberto de Eizabir
Pop Power

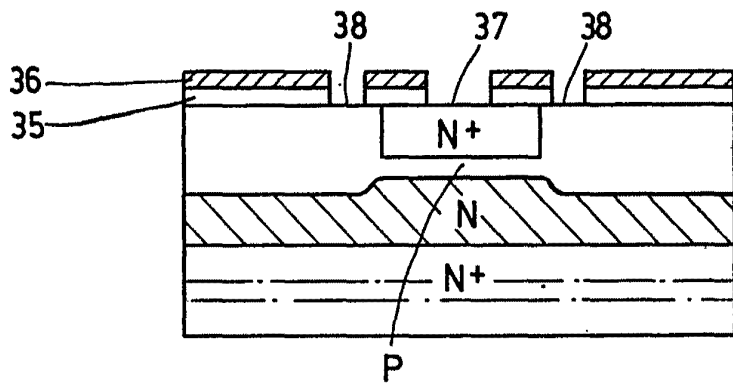


FIG. 20

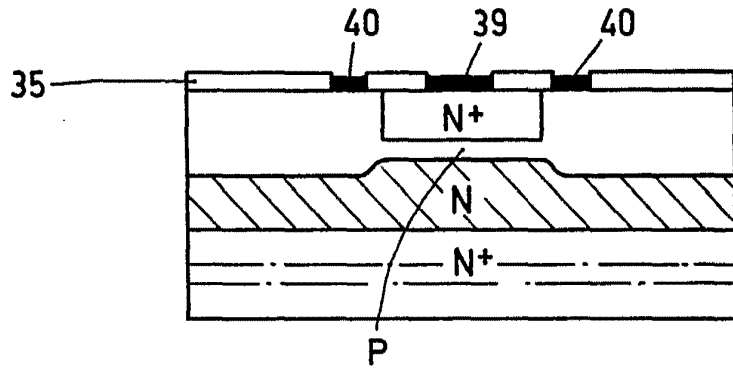


FIG. 21

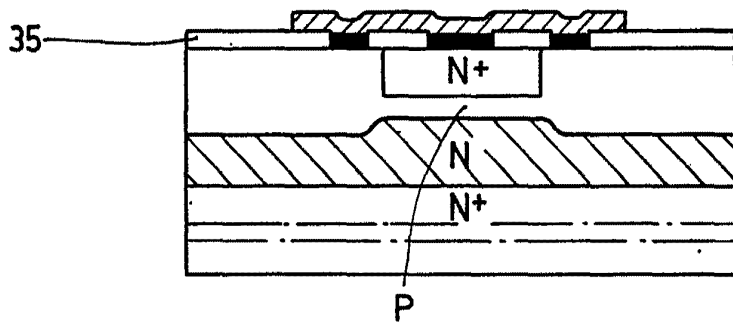


FIG. 22

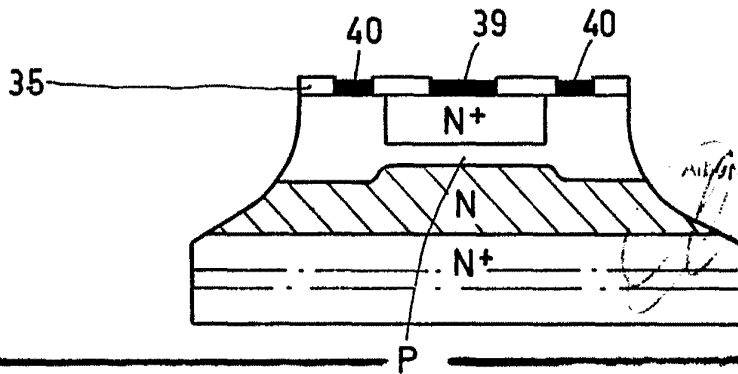


FIG. 23