

350 146

P.37.517

PHE 31718

Memoria descriptiva



4 ABR. 1968

para solicitar PATENTE DE INVENCION por 20 años

a nombre de N.V. PHILIPS'GLOEILAMPENFABRIEKEN

entidad / ~~de nacionalidad~~ holandesa

con domicilio en Emmasingel 29, Eindhoven, Holanda

por: "UN DISPOSITIVO SEMICONDUCTOR" (Clase Internacional
H011)



Este invento se refiere a un dispositivo semi-conductor que comprende un cuerpo semi-conductor de forma de oblea que tiene al menos unas regiones primera, segunda y tercera de tipo de conductividad alternado situadas entre dos caras principales opuestas del cuerpo y definiendo dos uniones p-n entre ellas y, además, se refiere a métodos para fabricar tales dispositivos semi-conductores.

Los dispositivos de la clase mencionada se usan preferiblemente en aquellos casos en los cuales al menos una de las uniones p-n debe soportar elevados voltajes inversos. Esta unión p-n emerge entonces en una superficie biselada, aumentando el biselado el voltaje disruptivo inverso de la unión p-n emergente.

Ejemplos importantes de tales dispositivos semi-conductores son, entre otros, los transistores con voltajes colector-base muy altos, los rectificadores controlados (tiristores) y otras estructuras de capas múltiples para alto voltaje, tales como triacs, diacs, etc.

La fabricación de un tiristor de silicio conocido, por ejemplo, supone la preparación de un cuerpo semi-conductor, en forma de oblea, de silicio del tipo n, con superficies principales planas, paralelas y opuestas. Se difunde galio en el cuerpo sobre todas las caras para formar una región exterior de tipo p y una unión interna p-n que se extiende en dos planos paralelos a las superficies principales. Se crea entonces una región localizada del tipo n que se extiende dentro de la región exterior de tipo p en una de las superficies principales, extendiéndose se hasta esta superficie principal la unión p-n formada



entre estas regiones, por difusión de fósforo dentro de una parte superficial limitada de la primera superficie o, alternativamente, aleando un material que contenga una impureza donadora adecuada hasta una parte limitada de la primera superficie. Se crea así una estructura n-p-n-p a través del cuerpo desde la primera superficie. Se conecta, con contacto de baja resistencia, un primer electrodo principal portador de corriente con la región de tipo n y se conecta un segundo electrodo principal portador de corriente en contacto de baja resistencia con la región superficial de tipo p de la superficie opuesta del cuerpo. Se conecta un electrodo de control, denominado electrodo de puerta, en contacto de baja resistencia, con la región superficial de tipo p que hay en la primera superficie. Las partes de unión p-n paralelas internas que hay entre el cuerpo de tipo n y la región exterior de tipo p se aíslan quitando la región superficial de tipo p de las caras laterales del cuerpo. Esta última operación puede realizarse antes de la difusión del fósforo, o puede serlo en una fase posterior, simultánea con la formación de un bisel sobre las caras laterales del cuerpo. La superficie biselada se hace para aumentar el voltaje disruptivo inverso de las uniones de tipo p-n que emergen en la superficie lateral.

El tiristor n-p-n-p constituido por las cuatro regiones de tipo de conductividad alternado con tres uniones p-n entre ellas, puede considerarse analíticamente como un transistor n-p-n y un transistor p-n-p en que la primera región de tipo n forma el emisor del transistor n-p-n y se denomina emisor n, la segunda región de tipo



p forma la base del transistor n-p-n y el colector del transistor p-n-p y se denomina base p, la tercera región de tipo n forma el colector del transistor n-p-n y la base del transistor p-n-p y se denomina la base n, y la

5 cuarta región de tipo p forma el emisor del transistor p-n-p y se denomina emisor p. En el tiristor descrito, el primer electrodo principal portador de corriente está en contacto de baja resistencia en la superficie que tie

10 ne el emisor n, el segundo electrodo principal portador de corriente está en contacto de baja resistencia en la superficie opuesta que tiene el emisor p, y el electrodo de puerta está en contacto de baja resistencia en la su

15 perficie que tiene la base p. La unión p-n entre la base p y la base n y la unión p-n entre la base n y el emisor p emergen ambas en la superficie lateral del cuerpo y el biselado adecuado de esta superficie proporciona un aumento del voltaje disruptivo inverso de estas uniones.

20 El biselado de la superficie lateral es una técnica comúnmente empleada en la fabricación de tiristores y la superficie lateral puede biselarse de tal modo que en las pro

25 ximidades del lugar de emergencia de la unión p-n entre la base p y la base n, la inclinación de la superficie lateral respecto al plano de la unión p-n emergente, sea diferente de la inclinación de la superficie lateral res

30 pecto al plano de la unión p-n emergente en las proximidades del lugar de emergencia de la unión p-n entre la base n y el emisor. p. Se hace referencia a las Memorias de las patentes británicas Nos. 968.105 y 968.106, en las cuales se describe un tiristor de configuración n-p-n-p en que la superficie lateral de la base n en el lugar de

4 ABR



emergencia de la unión p-n entre la base p y la base n
forma un ángulo obtuso incluido de 170 a 180° con el pla
no de la unión p-n emergente, y la superficie lateral de
la base n en el lugar de emergencia de la unión p-n entre
5 la base n y el emisor p forma un ángulo agudo incluido
de 15 a 60° con el plano de la unión p-n emergente.

Se ha descubierto que el método descrito de fa
bricación no es fácilmente adecuado para la producción
de un tiristor destinado a funcionamiento con alta fre-
10 cuencia, por ejemplo, para su uso en circuitos modulado-
res de impulsos a 1.000 voltios y 250 amperios. En tales
circuitos, los parámetros importantes son la frecuencia
máxima admisible de conexión de la corriente (dI/dt), la
frecuencia máxima admisible de nueva aplicación del volta
15 je directo de bloqueo (dV/dt) y el tiempo de desconexión
(t_{off}). Un diseño satisfactorio para este tipo de tiris-
tor depende de la obtención de un buen compromiso entre
estos tres parámetros. En un tiristor de silicio de con-
figuración n-p-n-p, esto requiere en general una anchura
20 de la base p mucho menor que la empleada en los tiristores
para baja frecuencia. Así, en la fabricación descrita, la
difusión del galio puede formar la unión p-n interior a
una profundidad desde la superficie, por ejemplo, de 80
micras, y el emisor n se extiende dentro de la superficie
25 de la base p en unas 40 micras, dando una anchura de base
p de 40 micras, mientras que en un tiristor para alta fre
cuencia, puede desearse una anchura de base p de aproxi-
madamente 10 micras. Se apreciará por parte de los exper
tos que la formación de una base p tan estrecha de resis
30 tividad adecuada junto con la obtención de un buen con-



veniente sobre la superficie lateral en las proximidades de la unión p-n emergente entre la base p y la base n, no puede llevarse a cabo fácilmente por el método antes descrito. Para dar la inclinación de la superficie biselada al plano de unión es necesario que la base p en la primera superficie sea de un espesor apreciable, por ejemplo, mayor que 20 micras, antes de llevar a cabo la operación de biselado.

De acuerdo con un primer aspecto del invento, un dispositivo semi-conductor que comprende un cuerpo semi-conductor en forma de oblea que tiene al menos regiones primera, segunda y tercera de tipo de conductividad alternado, situadas entre dos caras principales opuestas del cuerpo y que definen dos uniones p-n entre ellas, extendiéndose una superficie periférica, biselada exteriormente, al menos en parte, desde una de las caras principales más allá de la depresión hacia la superficie en la otra cara principal, se caracteriza porque está prevista una depresión en la superficie del cuerpo en una de las caras principales, extendiéndose la primera región dentro del cuerpo desde la superficie inferior de la depresión, teniendo la segunda región una parte situada debajo de la primera región en la depresión y una parte contigua que se extiende hasta dicha superficie biselada del cuerpo más allá de la depresión, teniendo la unión p-n entre las regiones segunda y tercera una configuración escalonada con una parte interior debajo de la depresión situada en el cuerpo más cerca de la otra cara principal que una parte exterior contigua que queda en un plano sustancialmente paralelo a la otra cara principal y emerge en



dicho plano en dicha superficie biselada.

En una realización preferida de un dispositivo semi-conductor de acuerdo con el invento, el dispositivo es un tiristor y comprende una cuarta región de un tipo de conductividad opuesto al de la tercera región, formando dicha cuarta región una tercera unión p-n con la tercera región y uniéndose a la superficie en dicho otro lado o cara principal, estando dispuesto un primer electrodo principal portador de corriente en contacto de baja resistencia con la primera región en la superficie inferior de la depresión, estando dispuesto un segundo electrodo principal portador de corriente en contacto de baja resistencia con la cuarta región en la superficie en la otra cara principal del cuerpo, y estando provisto un electrodo de control en contacto de baja resistencia con una parte superficial de la segunda región.

Un tiristor de esta configuración y adecuado para funcionamiento a alta frecuencia puede fabricarse adecuadamente, teniendo la anchura de la parte de la segunda región que está debajo de la primera región en la depresión, en la dirección entre las caras principales opuestas, 10 micras o menos, y pudiendo realizarse todavía fácilmente el deseado biselado de la superficie periférica en el lugar de emergencia de la unión p-n entre las regiones segunda y tercera. Ello es debido a que la previsión de la depresión junto con las operaciones de fabricación asociadas para formar las regiones segunda y primera, como luego describiremo en detalle, da una estructura, antes de la operación de biselado, en la cual la anchura en dicha dirección de la parte exterior de la segunda región que



se extiende hasta la superficie periférica es mucho mayor que la anchura de la parte de la segunda región por debajo de la primera región en la depresión.

5 En una forma preferida de un tiristor de acuerdo con el invento, la depresión es de sección anular y el electrodo de control está en contacto de baja resistencia con la parte superficial erecta de la segunda región, rodeada por la depresión.

10 En otra forma preferida, la depresión está dispuesta en el centro en la superficie en una cara principal y la superficie de fondo de la depresión es sustancialmente plana, la unión p-n entre las regiones primera y segunda termina en la superficie inferior plana de la depresión y el primer electrodo principal portador de corriente y el electrodo de control están situados sobre la superficie inferior plana de la depresión. Se comprenderá que, en la fabricación de tal dispositivo, en que el primer electrodo principal portador de corriente y el electrodo de control se disponen con ayuda de operaciones de tratamiento fotográficas para definir su extensión, su situación en un solo nivel en la superficie plana inferior conduce a la sencillez de la fabricación. Así, en una forma, la primera región es una región difundida de forma sustancialmente anular y rodeada dentro del cuerpo por la segunda región con la unión p-n entre ellas terminando en la superficie plana inferior de la depresión en las periferias interior y exterior del anillo, siendo el primer electrodo principal portador de corriente, que está en la superficie inferior plana de la depresión, de una forma sustancialmente anular y rodeando al electrodo de con-

15

20

25

30



trol en dicha superficie.

La superficie inferior de la depresión puede estar mas próxima a la otra cara principal del cuerpo que la parte exterior de la unión p-n entre las regiones segunda y tercera.

En un tiristor preferido de acuerdo con el invento, el cuerpo semi-conductor es de silicio, formando las regiones primera, segunda, tercera y cuarta una configuración n-p-n-p. La superficie periférica exteriormente biselada puede ser tal que en las proximidades de la parte de unión p-n emergente entre las regiones segunda y tercera, la superficie de la tercera región forme un ángulo incluído de entre 170° y 180° con el plano de la parte de unión p-n emergente. La unión p-n entre las regiones tercera y cuarta puede quedar en un plano sustancialmente paralelo a la otra cara principal del cuerpo y emerge en la superficie periférica exteriormente biselada. En tal tiristor, la superficie biselada periférica puede ser tal que, en las proximidades de la unión p-n emergente entre las regiones tercera y cuarta, la superficie de la tercera región forme un ángulo incluído de entre 15° y 60° con el plano de la unión p-n emergente.

En un tiristor de acuerdo con el invento, la parte de la segunda región que está debajo de la primera región en la depresión puede tener un espesor, en la dirección entre las caras principales opuestas de, a lo sumo, 15 micras y la parte de la segunda región que se extiende hasta la superficie periférica biselada, puede tener un espesor máximo en la dirección entre las caras principales opuestas de, al menos, 20 micras.

El primer electrodo principal portador de co-

30
30.3.68



rriente en zonas localizadas de su periferia sobre la su
perficie de la depresión puede extenderse sobre la segun
da región a través de la unión p-n entre las regiones pri
mera y segunda en su terminación en la superficie de la
5 depresión. Tal construcción del electrodo principal por-
tador de corriente es conocido en la técnica de los tiris-
tores y las zonas localizadas se denominan regiones de
emisor acortadas. La disposición de las regiones de emi-
sor acortadas es para mejorar la relación dv/dt y para
10 mantener el voltaje disruptivo (V_{bo}) a alta temperatura.

De acuerdo con un segundo aspecto del invento,
un método de fabricar un tiristor comprende las operacio
nes de preparar un cuerpo semi-conductor de forma de oblea
de un tipo de conductividad que tiene superficies planas
15 paralelas en sus caras principales opuestas, difundir un
elemento de impureza determinante de un tipo de conducti-
vidad característico del tipo de conductividad opuesto
dentro de las caras principales opuestas para formar dos
partes de unión p-n paralelas en el cuerpo, formar una
20 depresión en la superficie plana en una cara principal,
difundir un elemento de impureza determinante de un tipo
de conductividad, característico del tipo de conductivi-
dad opuesto, dentro de la superficie del cuerpo en la de-
presión, para formar una región superficial del tipo de
25 conductividad opuesto que tiene una parte en la depresión
que se une a la parte anteriormente formada que se extien-
de más allá de la depresión, teniendo la parte que está
en la depresión un espesor, en la dirección entre las ca-
ras principales opuestas, que es mucho menor que el espe-
30 sor de la parte contigua que se extiende más allá de la



depresión, difundir un elemento de impureza determinante de un tipo de conductividad característico del primer tipo de conductividad dentro de la región superficial del tipo de conductividad opuesto en la depresión para formar una región superficial del primer tipo de conductividad en la depresión, aplicar tres electrodos, un primer electrodo principal portador de corriente en contacto de baja resistencia con la región superficial del primer tipo de conductividad en la superficie inferior de la depresión, un segundo electrodo principal portador de corriente en contacto de baja resistencia con la región superficial del tipo de conductividad opuesto en la superficie opuesta a la depresión y un electrodo de control en contacto de baja resistencia con una parte superficial de la región del tipo de conductividad opuesto en la primera cara del cuerpo, y formar una superficie periférica exteriormente biselada que se extiende desde la primera cara principal más allá de la depresión hacia la superficie en la otra cara principal, con la unión p-n entre la región superficial del tipo de conductividad opuesto en la primera cara y la región subyacente del primer tipo de conductividad que emerge en dicha superficie biselada.

Se describirán ahora realizaciones del invento, a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos diagramáticos adjuntos, en los cuales:

Las figuras 1 y 2 muestran en sección y en planta, respectivamente, el cuerpo semi-conductor de un transistor de silicio n-p-n-p;

las figuras 3 y 4 muestran en sección y en planta, respectivamente, el cuerpo semi-conductor de otro ti



ristor de silicio n-p-n-p; y

las figuras 5 a 9 muestran en sección un cuerpo semi-conductor durante diversas etapas en la fabricación de un tiristor tal como el mostrado en las figuras 3 y 4.

El tiristor de silicio mostrado en las figuras 1 y 2 comprende un cuerpo de silicio de contorno circular que tiene una primera región de emisora, 1, de tipo n, una segunda región base, 2, de tipo p, una tercera región de base 3, de tipo n, y una cuarta región de emisor 4, de tipo p, situadas entre las dos caras principales opuestas del cuerpo y definiendo tres uniones p-n 5, 6 y 7 entre ellas. En la superficie superior 8 del cuerpo hay una depresión 9 de sección anular. Una capa de óxido de silicio 10 se extiende sobre la superficie superior 8 y sobre la superficie interior del cuerpo de silicio dentro de la depresión 9. La superficie inferior 11 de la depresión 9 es sustancialmente plana y queda paralela a la superficie plana 12 de la región de emisor 4 de tipo p.

El cuerpo tiene una superficie biselada exteriormente, periférica, 15, 16 que se extiende desde la superficie plana 8 más allá de la depresión 9 hacia la superficie plana 12 en la cara opuesta del cuerpo. La región de emisor 1 de tipo n se extiende dentro del cuerpo desde la superficie inferior 11 de la depresión 9, extendiéndose la unión p-n 5 que hay entre la región de emisor 1 de tipo n y la región de base 2 de tipo p paralelamente a la superficie del cuerpo en la depresión 9 y terminando en la parte exterior de la superficie plana 8 por debajo de la capa 10 de óxido de silicio. La región de



base 2 de tipo p tiene una parte subyacente a la región de emisor 1 de tipo n y una parte contigua que se extiende hasta la parte superficial biselada 15 más allá de la depresión. La unión p-n 6 entre la región de base 2 de tipo p y la región de base 3 de tipo n tiene una configuración escalonada con una parte interior por debajo de la depresión 9 situada en el cuerpo más cerca de la superficie plana 12 que una parte exterior contigua que queda en un plano paralelo a la superficie 12 y emerge en la parte 15 de la superficie biselada. La unión p-n 7 entre la región de base 3 de tipo n y la región de emisor 4 de tipo p se extiende paralela a la superficie 12 y emerge en la parte 16 de la superficie biselada. Las partes 15 y 16 de la superficie biselada son tales que la región de base 3 de tipo n en la parte superficial 15 forma un ángulo obtuso incluido de 174° con el plano de la unión p-n 6 emergente y la región de base 3 de tipo n en la parte superficial 16 forma un ángulo agudo incluido de 15° con el plano de la unión p-n emergente 7.

Las regiones 2 y 4 de tipo p son regiones difundidas y han sido obtenidas por un proceso de difusión en dos fases. En la primera fase, se ha difundido galio para determinar la posición de la unión 7 y la posición de las partes de la unión 6 que quedan lejos de la superficie 12. Las partes de galio difundidas de las regiones se han designado con P_1 . En la segunda fase, se ha difundido boro, habiéndose formado la depresión 9 entre las dos fases. La difusión de galio es una difusión profunda, siendo la profundidad de la unión desde la superficie original del cuerpo de partida de tipo n de 80 micras, al



paso que la difusión de boro es una difusión somera, si
do de 16 micras la profundidad de la unión de la parte de
la unión 6 por debajo de la depresión desde la superficie
11. La difusión del boro ha sido designada con P_2 y las
5 posiciones en las regiones 2 y 4 en que la concentración
del boro difundido es igual a la concentración original
de donadores en el material de partida de tipo n se mues-
trañ por líneas de trazos 19 y 20, respectivamente.

La región de emisor 1 de tipo n, es una región
10 difundida y ha sido formada por una operación de difusión
de fósforo con reserva de óxido, estando la unión p-n 5
situada a una profundidad, por debajo de la superficie in
ferior 11 de la depresión 9, de 7 micras, de modo que la
anchura de la región de base 2 de tipo p por debajo de la
15 región 1 de tipo n en la depresión 9 es de 9 micras, al pa
so que la anchura máxima de la región de base 2 de tipo p
en el lado de la depresión 9 es de 80 micras.

En una abertura anular de la capa de óxido de si
licio 10 en la superficie inferior de la depresión 9 hay
20 un primer electrodo principal portador de corriente que con
siste en una capa 21 de níquel depositado por vía no elec
troquímica y de oro depositado por vía no electroquímica
que forma un contacto de baja resistencia óhmica con la
región de emisor 1 de tipo n. El alambre exterior de esta
25 capa no ha sido mostrado, pero puede consistir adecuadamen
te en un alambre de cobre unido a un disco anular de molib
deno que está soldado a la superficie de oro de la capa 21
con una pre-forma anular de oro/germanio.

En una abertura circular de la capa 10 de óxido
30 de silicio sobre la superficie superior 9 de la parte del



cuerpo rodeada por la depresión 9 hay un electrodo de
puerta consistente en una capa 23 de níquel depositado
por vía noelectroquímica y oro depositado por vía no elec
troquímica que forma un contacto de baja resistencia óhmi
5 ca con la región de base 2 de tipo p. El alambre exterior
de esta capa no se ha mostrado, pero puede consistir ade-
cuadamente en un alambre de aluminio unido a la capa 23
por soldadura por ultrasonidos.

Sobre la superficie 12 hay un segundo electrodo
10 principal portador de corriente consistente en una capa
25 de níquel depositado por vía no electroquímica y oro
depositado por vía no electroquímica que forma un contac-
to de baja resistencia con la región de emisor 4 de tipo
p. El cuerpo de silicio está montado sobre un disco de mo
15 libdeno 26 por una unión soldada formada con una pre-forma
de oro/germanio (no mostrada en sí misma) emparedada entre
la capa 25 y el disco 26.

La región de base 3 de tipo n tiene una resisti
vidad uniforme de aproximadamente 50 ohmios/cm. La concen
20 tración superficial de fósforo de la región de emisor 1 de
tipo n es aproximadamente de 5×10^{20} átomos/cc. La concen
tración superficial de galio en la superficie 12 de la re
gión 4 y en las partes superficiales planas 8 de la región
2 es aproximadamente de 10^{18} átomos/cc. La concentración
25 superficial de boro en la superficie 12 de la región, 4,
en la superficie 8 y en las superficies internas del cuer-
po en la depresión 9 es aproximadamente de 5×10^{18} átomos/cc.
La región de base 3 de tipo n tiene una anchura máxima de
200 micras, es decir, entre la unión 7 y las partes exte-
30 rior y central de la unión 6, al paso que la anchura de



la región de base 3 de tipo n entre la unión 7 y la parte
de la unión 6 por debajo de la depresión a través de la
cual se establece la parte principal de la corriente en
tre los electrodos principales portadores de corriente
5 es de aproximadamente 184 micras. El diámetro exterior
del cuerpo de silicio en la superficie 12 es aproximada-
mente de un centímetro. La superficie de silicio en la
depresión 9 tiene un diámetro interno de 2,7 mm., un diá-
metro externo de 4,8 mm. y una profundidad de aproximada
10 mente 80 micras.

El tiristor de silicio mostrado en las figuras
3 y 4 comprende un cuerpo de silicio de contorno circular
que tiene una primera región de emisor 31 de tipo n, una
segunda región de base 32 de tipo p, una tercera región
15 de base 33 de tipo n, y una cuarta región de emisor de
tipo p, 34, situadas entre las dos caras principales
opuestas del cuerpo y definiendo tres uniones p-n 35, 36
y 37 entre ellas. En la superficie superior del cuerpo
hay una depresión circular central 39. Una capa de óxido
20 de silicio 40 está situada sobre la superficie interna
del cuerpo de silicio dentro de la depresión 39 y se ex-
tiende hasta la superficie plana superior original del
cuerpo. La superficie inferior 41 de la depresión 39 es
sustancialmente plana y queda paralela a la superficie
25 plana 42 de la región de emisor 34 de tipo p.

El cuerpo tiene una superficie biselada exterior-
mente, periférica, 45, 46 que se extiende desde la super-
ficie más allá de la depresión 39 hacia la superficie pla-
na 42 en el lado opuesto del cuerpo. La región de emisor
30 31 de tipo n es de forma sustancialmente anular con ocho



zonas rebajadas en su periferia exterior y se extiende cen-
tro del cuerpo desde la superficie inferior 41 de la de-
presión 39, terminando la unión p-n 35 entre la región de
emisor 31 de tipo n y la región de base 32 de tipo p en las
5 periferias interior y exterior del anillo en la superfi-
cie plana inferior 41 de la depresión 39, debajo de la ca-
pa 40 de óxido de silicio. La región de base 32 de tipo p
tiene una parte que queda debajo de la región de emisor 31
de tipo n y una parte contigua que se extiende hasta la
10 parte superficial biselada 45 mas allá de la depresión.
La unión p-n 36 entre la región de base 32 de tipo p y la
región de base 33 de tipo n tiene una configuración esca-
lonada con una parte interior central debajo de la depre-
sión 39 situada en el cuerpo más cerca de la superficie
15 plana 42 que una parte exterior contigua que queda en un
planoparalelo a la superficie 42 y emerge en la parte su-
perficial biselada 45. La unión p-n 37 entre la región de
base 33 de tipo n y la región de emisor 34 de tipo p se
extiende paralela a la superficie 42 y emerge en la parte
20 superficial biselada 46. Las partes superficiales bisela-
das 45 y 46 son tales que la región de base 33 de tipo n
en la parte superficial 45 forma un ángulo obtuso incluido
de 174° con el plano de la unión p-n emergente 36 y la re-
gión de base 33 de tipo n en la parte superficial 46 for-
25 ma un ángulo agudo incluido de 15° con el plano de la unión
emergente p-n 37.

Las regiones 32 y 34 de tipo p son regiones di-
fundidas y han sido obtenidas por un proceso de difusión
en dos fases. En la primera fase, ha sido difundido galio
30 para determinar la posición de la unión 37 y la posición



de la parte exterior de la unión 36 que emerge en la parte superficial 45. Las partes de las regiones en que se ha difundido galio han sido designadas con P_1 . En la segunda fase, se ha difundido boro, habiéndose formado la depresión 39 entre ambas fases. La difusión del galio es una difusión profunda, siendo la profundidad de la unión desde la superficie original del cuerpo de partida del tipo n de 80 micras, al paso que la difusión del boro es una difusión somera, siendo la profundidad de la parte de la unión 36 por debajo de la depresión 39 desde la superficie 41, de 16 micras. La difusión del boro se ha designado P_2 y las posiciones en las regiones 32 y 34 en que la concentración del boro difundido es igual a la concentración de donadores original en el material de partida de tipo n, se muestran con líneas de trazos 49 y 50, respectivamente.

La región de emisor 31 de tipo n es una región difundida y ha sido formada por una operación de difusión de fósforo con reserva de óxido estando la unión p-n 35 situada a una profundidad por debajo de la superficie inferior 41 de la depresión 39 de 7 micras, de modo que la anchura de la región de base 32 de tipo p por debajo de la región 31 de tipo n en la depresión 39 es de 9 micras, al paso que la anchura máxima de la región de base de tipo p, 32, en el lado de la depresión 39, es de 80 micras.

En una abertura anular 9 de la capa 10 de óxido de silicio en la superficie inferior 41 de la depresión 39 hay un primer electrodo principal portador de corriente consistente en una capa 51 de níquel depositado por vía electroquímica y oro depositado por vía electroquímica, la cual forma un contacto de baja resistencia óhmica



con la región de emisor 31 de tipo n. El alambre conductor externo de esta capa no se ha mostrado, pero puede consistir adecuadamente en un alambre de cobre unido a un disco anular de molibdeno que está soldado a la superficie de oro de la capa 51 con una pre-forma anular de oro/germanio. La capa 51 se extiende sobre la superficie de la región de base 32 de tipo p en ocho zonas localizadas y a través de la unión p-n 35, donde termina en la superficie 41 para formar las denominadas zonas de emisor acortadas.

En una abertura circular de la capa de óxido de silicio 10 en la superficie inferior 41 de la depresión 39 hay un electrodo de puerta consistente en una capa 53 de níquel depositado por vía no electroquímica y de oro depositado por vía no electroquímica, la cual forma un contacto de baja resistencia óhmica con la región de base 32 de tipo p. El alambre exterior de esta capa no se ha mostrado, pero puede consistir adecuadamente en un alambre de aluminio unido a la capa 53 por soldadura ultrasónica.

Sobre la superficie 42 hay un segundo electrodo principal portador de corriente consistente en una capa 55 de níquel depositado por vía no electroquímica y oro depositado por vía no electroquímica, la cual forma un contacto de baja resistencia con la región de emisor 34 de tipo p. El cuerpo de silicio está montado sobre un disco de molibdeno 56 por una junta soldada formada con una pre-forma de oro/germanio (no mostrada en sí misma) emparedada entre la capa 55 y el disco 56.

La región de base del tipo n, 33, tiene una re-



sistividad uniforme de aproximadamente 50 ohmios/cm. La concentración superficial de fósforo de la región de emisor 31 de tipo n es aproximadamente de 5×10^{20} átomos/cc. La concentración de galio en la superficie 42 de la región 34 y en la superficie superior de la región 32, inmediatamente junto a la depresión 39, es aproximadamente de 10^{18} átomos/cc. La concentración superficial del boro en la superficie 42 de la región 34 y en las superficies internas del cuerpo en la depresión 39 es aproximadamente de 5×10^{18} átomos/cc. La región de base 33 de tipo n tiene una anchura máxima de 200 micras, es decir, entre la unión 37 y la parte exterior de la unión 36, al paso que la anchura de la región de base 33 de tipo n entre la unión 37 y la parte central de la unión 6 por debajo de la depresión, a través de la cual se establece el camino principal de la corriente entre los electrodos principales portadores de corriente, es de aproximadamente 184 micras. El diámetro exterior del cuerpo de silicio en la superficie 42 es aproximadamente 1 cm. La superficie de silicio en la depresión 9 tiene un diámetro de 6,5 mm. y una profundidad aproximada de 80 micras.

En las dos realizaciones del tiristor que hemos descrito, la depresión, en cada caso, tiene una superficie inferior que está situada en las proximidades de la posición inicial de la unión p-n formada en el cuerpo por la difusión de galio, es decir, que está dispuesta de tal modo que la profundidad de la depresión se hace coincidir con la distancia desde la superficie de la unión p-n. Alternativamente, es posible situar la superficie inferior de la depresión a una distancia menor dentro del cuerpo,



pero suficientemente cercana a dicha unión p-n para dar una anchura final de la base p del espesor requerido por debajo de la región de emisor n en la depresión. Como alternativa adicional, la superficie inferior de la depresión puede estar situada más dentro del cuerpo, es decir, dentro de la región de tipo n, a una profundidad mayor en el cuerpo que la profundidad de la unión p-n anteriormente formada. En el último caso, se obtendrá todavía la continuidad de la región de base de tipo p, ya que la difusión de boro es dentro de la superficie interna de la depresión y unirá efectivamente la región de base de tipo p de debajo de la depresión con la parte de la región de base de tipo p que se extiende hasta la superficie biselada a través de la parte difundida con boro en la pared lateral de la depresión.

Describiremo ahora, a modo de ejemplo, una realización del método de fabricación de un tiristor tal como el mostrado en las figuras 3 y 4 y que incorpora la alternativa últimamente descrita de situación de la superficie inferior de la depresión, haciéndose esta descripción con referencia a las figuras 5 a 9.

El material de partida es una oblea de silicio del tipo n de resistividad de 50 ohmios/cm. y 360 micras de espesor. Se difunde galio dentro del cuerpo sobre todos los lados para formar una región de tipo p, exterior, con la unión p-n interior situada a una profundidad de 80 micras desde la superficie (figura 5).

La oblea es cortada en discos de 1 cm. de diámetro por un procedimiento de corte ultrasónico. Sobre una cara de un disco se ataca químicamente la superficie y se



pule hasta que sea ópticamente plana. Usando una planilla
de hacer reservas, se cubre el disco con cera de tal modo
que quede una parte circular central de 6,5 mm. de diáme-
tro libre de cera sobre la superficie preparada. Se forma
5 entonces una depresión en la parte de superficie descubier-
ta atacando químicamente con una mezcla de ácido nítrico,
ácido fluorhídrico y ácido acético. El ataque químico se
lleva a cabo durante un tiempo suficiente para formar una
depresión que tenga una profundidad de justo más de 80 mi-
10 cras, es decir, de modo que la superficie inferior de la
depresión quede situada en el material de tipo n justo de-
bajo de la posición de la unión p-n antes formada. La fi-
gura 6 muestra el disco de silicio después de formar la
depresión en la superficie plana.

15 Se elimina el recubrimiento de cera de la oblea
y se difunde boro dentro de la superficie del cuerpo por
todos los lados. La difusión del boro es tal que se forme
una unión p-n en el cuerpo por debajo de la superficie pla-
na inferior de la depresión, a una distancia de ella de 16
20 micras. La difusión del boro da así una unión p-n escalona-
da como se muestra en la figura 7. Las posiciones en el
cuerpo en que la concentración del boro difundido es igual
a la concentración de donadores original en el material de
partida de tipo n se muestran mediante líneas de trazos.
25 La concentración superficial de boro es aproximadamente
de 5×10^{18} átomos/cc. Durante la difusión del boro, se
forma una capa aislante sobre las superficies del cuerpo.

Por medio de una operación fotográfica, es decir,
aplicando una capa de foto-reserva adecuada sobre las su-
30 perfcies del cuerpo, exponiendo partes seleccionadas a



través de una máscara, disolviendo las partes no expuestas de la capa de foto-reserva y atacando luego químicamente las partes de la capa aislante así expuestas, se forma una ventanilla en la parte de la capa aislante situada sobre la superficie inferior de la depresión. Esta ventanilla es de forma sustancialmente anular, con una periferia circular interior de 2,5 mm., de diámetro y una periferia circular exterior de 5,0 mm. de diámetro, con ocho indentaciones semicirculares equiespaciadas de 0,3 mm. de radio. Se difunde fósforo dentro de la superficie del cuerpo en la depresión expuesta por la abertura para formar la región de emisor de tipo n con la unión p-n entre la región de emisor de tipo n y la región de tipo p difundida con boro en la depresión situada a una profundidad de 7 micras desde la superficie inferior de la depresión. La concentración superficial de fósforo es aproximadamente de 5×10^{20} átomos/cc. Durante la difusión del fósforo, se forma otra capa aislante sobre la superficie descubierta y la capa aislante previamente formada se aumenta en espesor. La figura 8 muestra el cuerpo después de la difusión del fósforo y la ulterior oxidación.

Mediante otra operación de tratamiento fotográfico, se hacen aberturas en la capa aislante que hay sobre la superficie inferior de la depresión para dejar al descubierto la región de emisor de tipo n y la región de base de tipo p difundida con boro. La abertura que deja al descubierto el emisor de tipo n es anular, de 2,7 mm. de diámetro interior y 4,8 mm. de diámetro exterior. La abertura que deja al descubierto la región de base de tipo p es circular, de 2,0 mm. de diámetro, dispuesta en el centro de



tro de la abertura anular de emisor. La capa aislante es también eliminada de la superficie plana opuesta del cuerpo mediante una operación de tratamiento fotográfico.

5 Las partes superficiales del cuerpo que han dejado al descubierto las aberturas son provistas ahora de capas de contacto. Inicialmente, se dispone una capa de níquel de 2 micras de espesor por chapeado no electroquímico y, luego, es sinterizada a 675°. Se dispone entonces otra capa de níquel de 15 micras de espesor, también por chapeado
10 do no electroquímico. Finalmente, se dispone una capa de oro de 1 micra de espesor sobre la capa de níquel últimamente formada, asimismo por chapeado no electroquímico. La figura 9 muestra el cuerpo después de la disposición de las capas de contacto.

15 El cuerpo de silicio es soldado a un disco de molibdeno con un disco previamente formado de oro/germanio entre el disco de molibdeno y la superficie chapeada del cuerpo.

El conjunto del disco de molibdeno y el cuerpo
20 de silicio asegurado sobre él, es unido entonces a un husillo de una máquina normal de rectificado fino y la superficie periférica del cuerpo de silicio es entonces biselada exteriormente con dos inclinaciones separadas para dar las partes superficiales que tienen las inclinaciones mostradas en la figura 3. Después del biselado, la superficie
25 del cuerpo de silicio recibe un tratamiento de ataque químico. Luego, se montan los alambres conductores a los contactos con la región de emisor de tipo n y la región de base de tipo p soldando un anillo de molibdeno a la capa
30 de contacto de níquel y oro en la región de emisor de tipo



n con ayuda de una pre-forma de oro/germanio anular, te-
 niendo el anillo de molibdeno un alambre de cobre asegu-
 rado a él, y soldando por ultrasonidos un alambre de alu-
 minio a la capa de contacto de níquel y oro que hay sobre
 50 la región de base de tipo p. El conjunto es encapsulado
 después en una envolvente adecuada.

Se apreciará que el biselado de la superficie
 exterior puede producirse por métodos distintos del rec-
 tificado fino de la superficie, por ejemplo por ataque
 10 químico.

Resultará claro, además, que el invento no que-
 da limitado a los ejemplos que hemos dado sino que, dentro
 del alcance del invento, pueden obtenerse otras realiza-
 ciones diversas. En particular, la idea inventiva no queda
 15 restringida a los tiristores, como se ha dicho antes, sino
 que puede aplicarse también ventajosamente a transistores
 para voltaje alto, triacs, diacs, etc. en los cuales, ade-
 más de un elevado voltaje disruptivo inverso, se desee tam-
 bien una alta ganancia, es decir, dispositivos con una an-
 20 chura de base relativamente pequeña, por ejemplo menor de
 20 micras. Además, en lugar de las geometrías circulares
 descritas, pueden usarse otras, por ejemplo rectangulares.

Esta solicitud que corresponde a la presentada
 en Gran Bretaña el 7 de Febrero de 1967, bajo el número
 25 5717/67, se acoge a los beneficios del artículo 51 del
 vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.



- N O T A -

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

5

1.- Un dispositivo semi-conductor que comprende un cuerpo semi-conductor de forma de oblea que tiene regiones primera, segunda y tercera, al menos, de tipo de conductividad alternado, situadas entre dos caras principales opuestas del cuerpo y que definen dos uniones p-n, extendiéndose una superficie periférica, biselada exteriormente al menos en parte, desde una cara principal más allá de la depresión hacia la superficie en la otra cara principal, caracterizado porque está prevista una depresión en la superficie del cuerpo en una de las caras principales, extendiéndose la primera región dentro del cuerpo desde la superficie inferior de la depresión, teniendo la segunda región una parte que está debajo de la primera región en la depresión y una parte contigua que se extiende hasta dicha superficie biselada del cuerpo más allá de la depresión, teniendo la unión p-n entre las regiones segunda y tercera una configuración escalonada con una parte interior por debajo de la depresión situada en el cuerpo más cerca de la otra cara principal que una parte exterior contigua que queda en un plano sustancialmente paralelo a la otra cara principal y emerge en dicho plano en dicha superficie biselada.

10

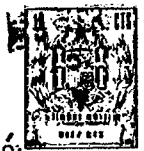
15

20

25

30

2.- Un dispositivo semi-conductor según la reivindicación 1, caracterizado porque es un tiristor y comprende una cuarta región de un tipo de conductividad opues



to al de la tercera región, formando dicha cuarta región.
una tercera unión p-n con la tercera y uniéndose a la su-
perficie en dicha otra cara principal, estando previsto un
primer electrodo principal portador de corriente en contac
5 to de baja resistencia con la primera región en la superfi-
cie inferior de la depresión, un segundo electrodo princi-
pal portador de corriente en contacto de baja resistencia
con la cuarta región en la superficie en la otra cara prin-
cipal del cuerpo, y un electrodo de control en contacto
10 de baja resistencia con una parte superficial de la segun-
da región.

3.- Un dispositivo semi-conductor según la rei-
vindicación 2, caracterizado porque la depresión es de sec-
ción anular y el electrodo de control está en contacto de
15 baja resistencia con la parte superficial superior de la
segunda región rodeada por la depresión.

4.- Un dispositivo semi-conductor según la rei-
vindicación 2, caracterizado porque la depresión está dis-
puesta en el centro en la superficie en una cara principal
20 y la superficie inferior de la depresión es sustancialmen-
te plana, la unión p-n entre las regiones primera y segun-
da termina en la superficie plana inferior de la depresión,
y el primer electrodo principal portador de corriente y
el electrodo de control están situados en la superficie
25 plana inferior de la depresión.

5.- Un dispositivo semi-conductor según la rei-
vindicación 4, caracterizado porque la primera región es
una región difundida de forma sustancialmente anular ro-
deada dentro del cuerpo por la segunda región con la unión
30 p-n entre ellas terminando en la superficie plana inferior



de la depresión en las periferias interior y exterior del anillo, siendo el primer electrodo principal portador de corriente, que hay en la superficie plana inferior de la depresión, de forma anular y rodeando al electrodo de control.

5

6.- Un dispositivo semi-conductor según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado porque la superficie inferior de la depresión queda más cerca de la otra cara principal del cuerpo que la parte exterior de la unión p-n entre las regiones segunda y tercera.

10

7.- Un dispositivo semi-conductor según cualquiera de las reivindicaciones 2 a 6, caracterizado porque el cuerpo semi-conductor es de silicio, y las regiones primera, segunda, tercera y cuarta forman una configuración n-p-n-p.

15

8.- Un dispositivo semi-conductor según la reivindicación 7, caracterizado porque la superficie periférica exteriormente biselada es tal que en las proximidades de la parte de unión p-n emergente entre las regiones segunda y tercera, la superficie de la tercera región forma un ángulo incluído de entre 170° y 180° con el plano de la parte de unión p-n emergente.

20

9.- Un dispositivo semi-conductor según cualquiera de las reivindicaciones 2 a 8, caracterizado porque la unión p-n entre las regiones tercera y cuarta queda en un plano sustancialmente paralelo a la otra cara principal del cuerpo y emerge en la superficie periférica exteriormente biselada.

25

10.- Un dispositivo semi-conductor según las reivindicaciones 8 y 9, caracterizado porque la superficie pe

30

12 FEB



5
periférica biselada es tal que en las proximidades de la
unión p-n emergente entre las regiones tercera y cuarta,
la superficie de la tercera región forma un ángulo incluí-
do de entre 15 y 60° con el plano de la unión p-n emergen-
te.

10
11.- Un dispositivo semi-conductor según cual-
quiera de las reivindicaciones 1 a 10, caracterizado por-
que la parte de la segunda región que está debajo de la
primera en la depresión tiene un espesor de a lo sumo 15
micras en la dirección entre las caras principales opues-
tas.

15
12.- Un dispositivo semi-conductor según cualquie-
ra de las reivindicaciones 1 a 11, caracterizado porque la
parte de la segunda región que se extiende hasta la super-
ficie periférica biselada tiene un espesor máximo de al
menos 20 micras en la dirección entre las caras principa-
les opuestas.

20
13.- Un dispositivo semi-conductor según cual-
quiera de las reivindicaciones 4 a 12, caracterizado por-
que el primer electrodo principal portador de corriente
en zonas localizadas de su periferia, sobre la superficie
de la depresión, se extiende sobre la segunda región a tra-
vés de la unión p-n entre las regiones primera y segunda
en su terminación en la superficie de la depresión.

25
14.- Un dispositivo semi-conductor.



12 FEB

tal y como se ha descrito en la Memoria que antecede, representado en el dibujo que se acompaña y con los fines que se han especificado.

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

Madrid,

12 FEB. 1933.

P.A.

[Handwritten signature]

350.146

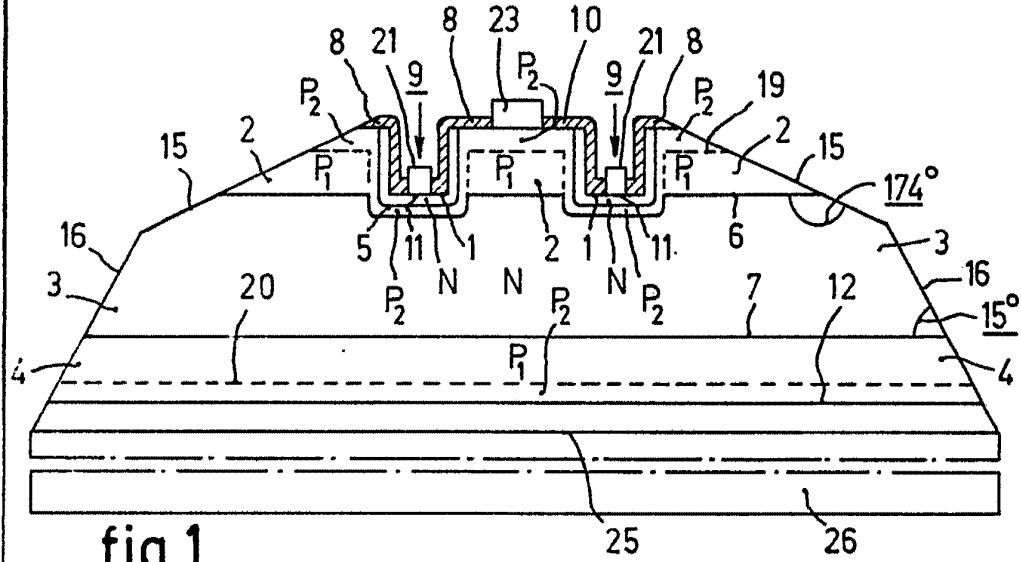


fig.1

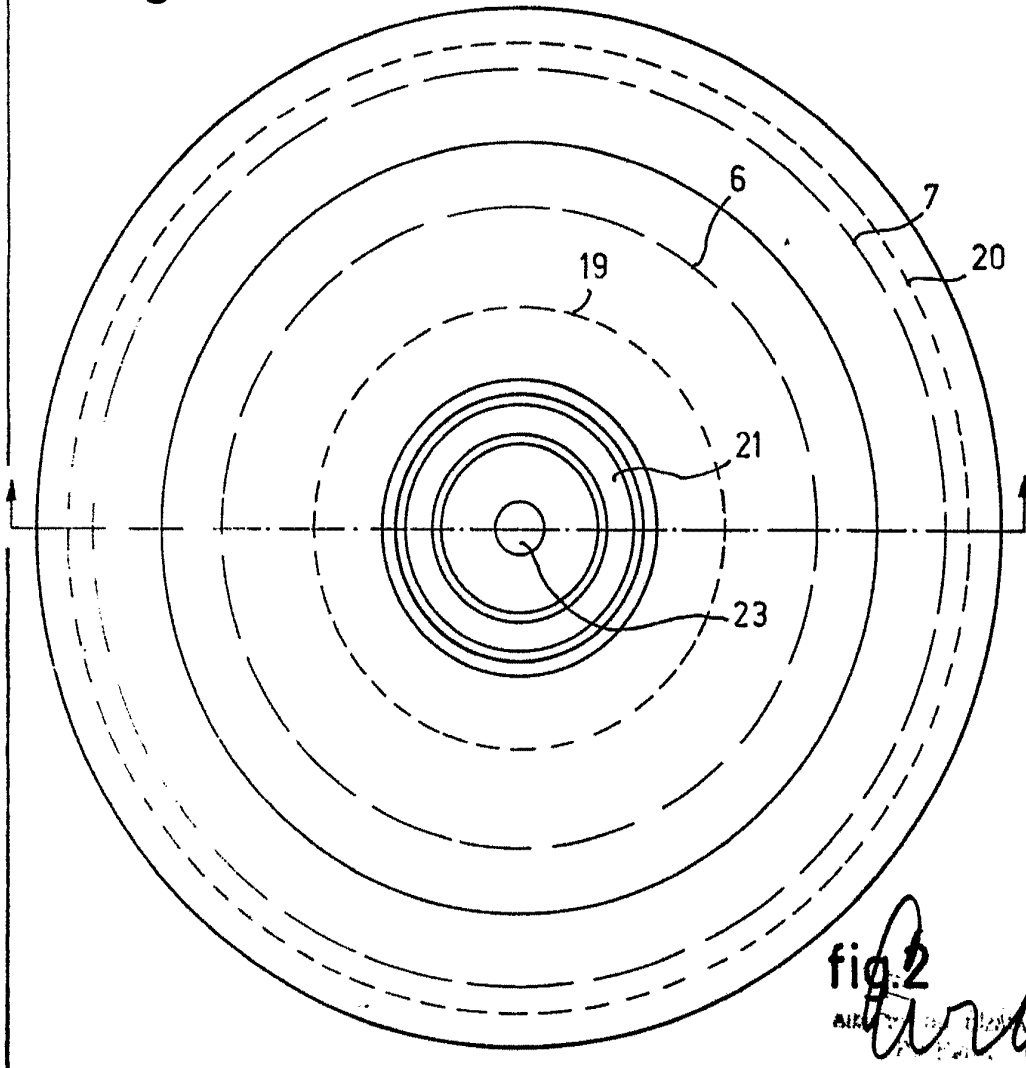


fig.2

[Handwritten signature]

350.146

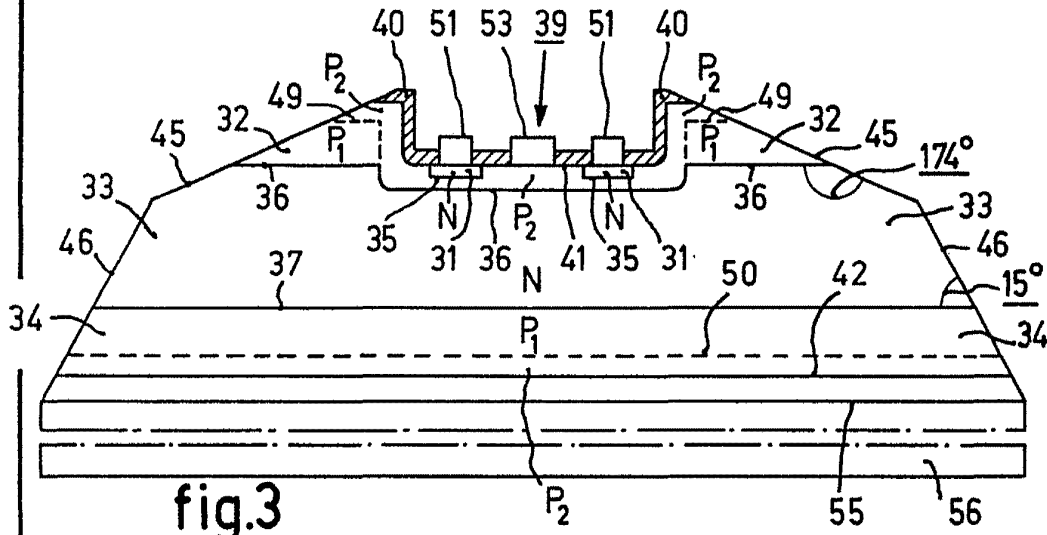


fig.3

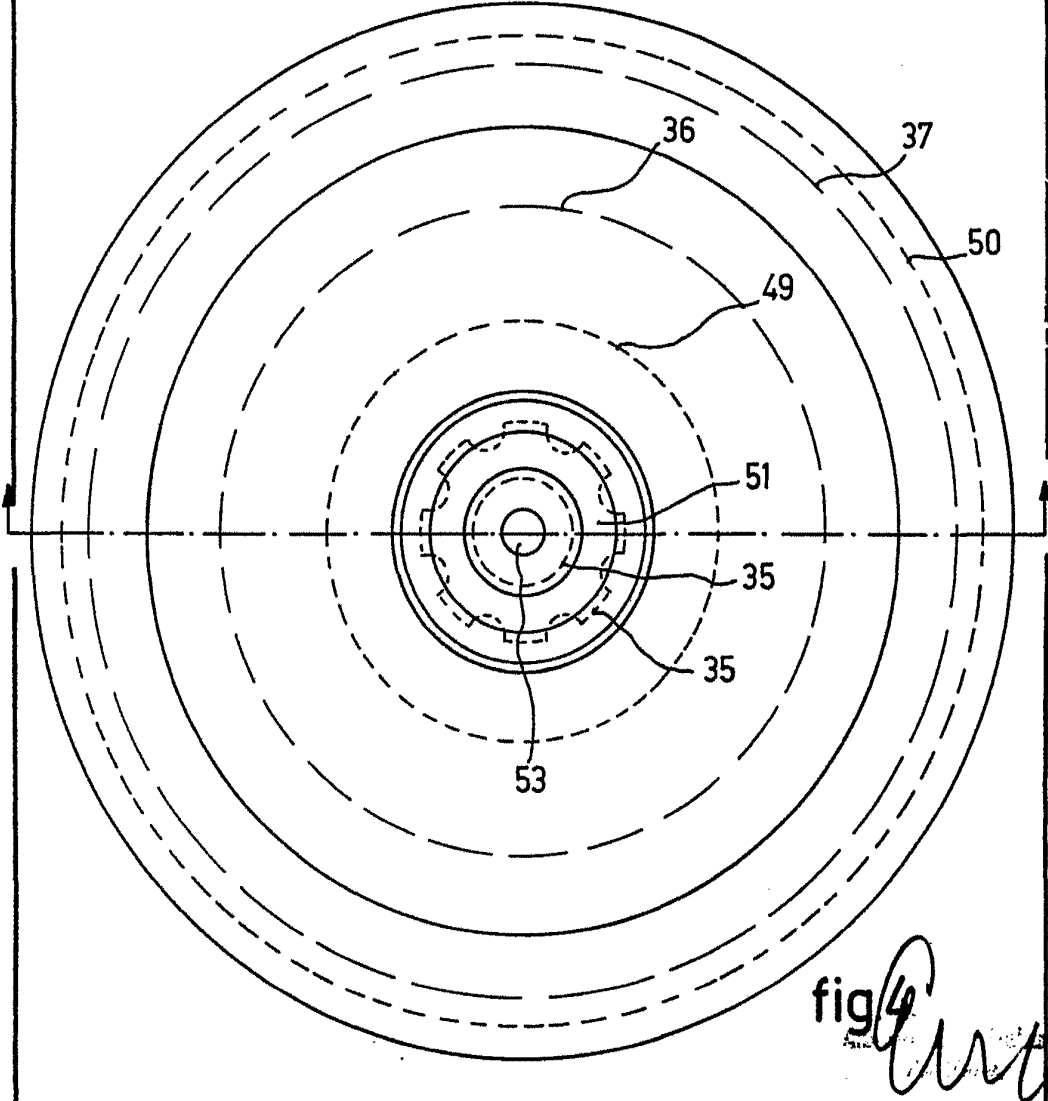


fig.4

350.146

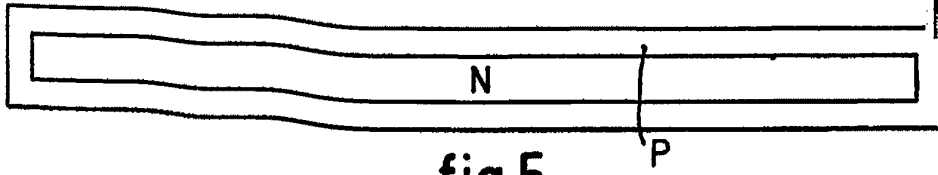


fig.5

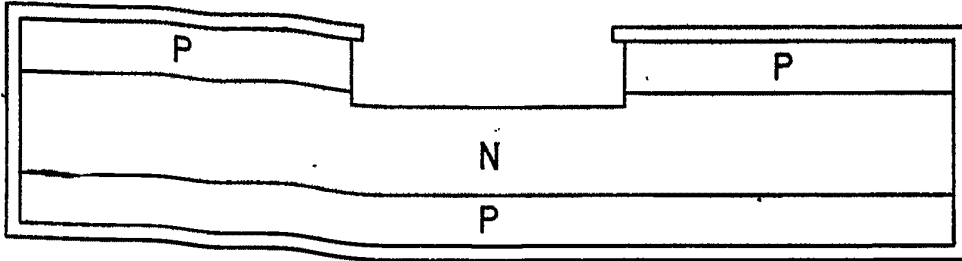


fig.6

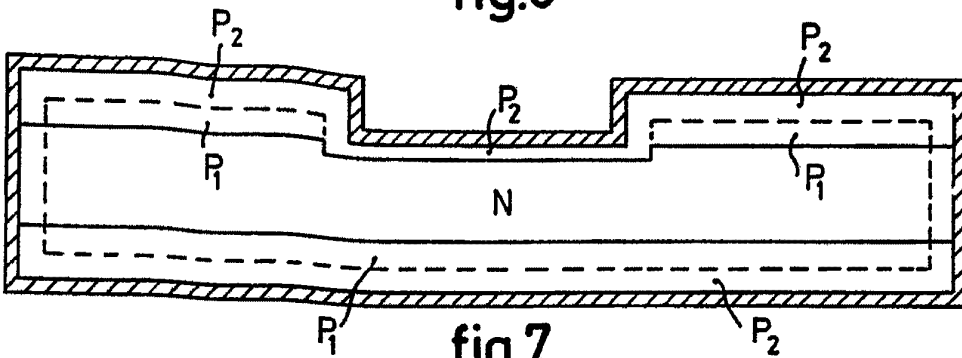


fig.7

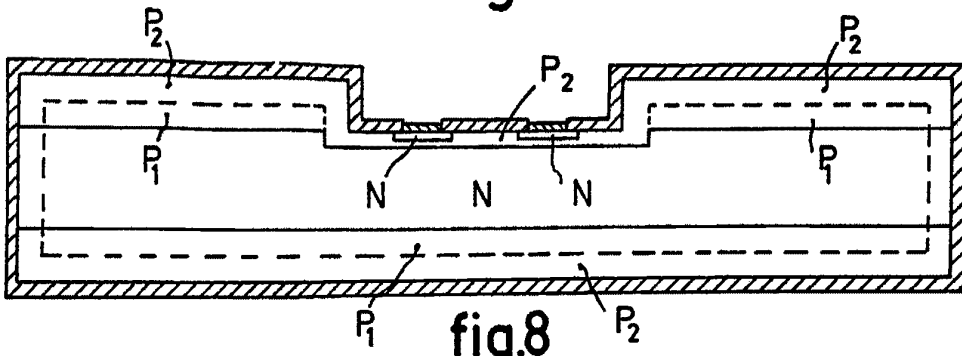


fig.8

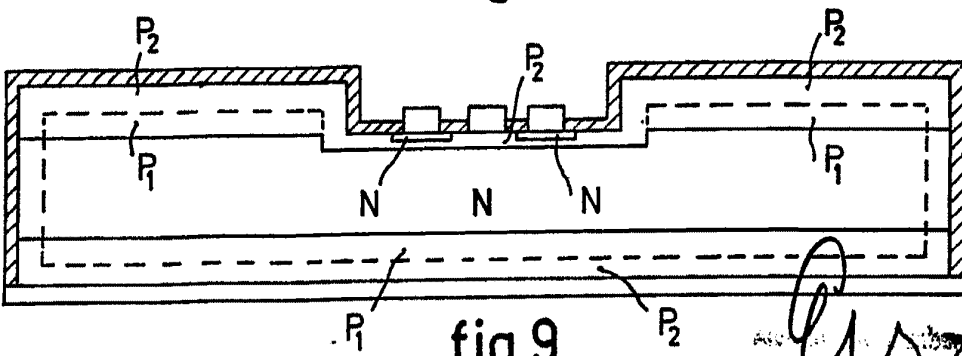


fig.9

Handwritten signature or mark.