

404386

-2 AGO, 1972

SECCION TECNICA

CLASIFICACION I. P. C

CLASE \_\_\_\_\_

SUBCLASE \_\_\_\_\_

P.- 51.386

PHN 5716

Spain VD/EV

-2 OCT. 1974

MEMORIA DESCRIPTIVA

CONCEDIDA

para solicitar PATENTE DE INVENCION por 20 años

a nombre de N.V. PHILIPS'GLOEILAMPEFABRIEKEN

entidad holandesa

con domicilio en Emmasingel 29, Eindhoven, Holanda

por: "UN DISPOSITIVO SEMICONDUCTOR"

(Clase Internacional H011)

Int. Cl.: H01L

24.7.72

- 1 -

El invento se refiere a un dispositivo semiconductor que comprende un cuerpo semiconductor que tiene una superficie que está, al menos parcialmente, cubierta por una capa eléctricamente aislante, una primera región de un primer tipo de conductividad contigua a dicha superficie y una segunda región del segundo tipo de conductividad igualmente contigua a dicha superficie y que está rodeada totalmente dentro del cuerpo semiconductor por la primera región y forma con la misma una unión p-n que termina en la superficie, mientras que con el fin de aumentar la tensión de ruptura de dicha unión p-n, está presente una capa de resistencia de una resistencia eléctrica alta sobre la capa aislante, estando dicha capa separada de la unión p-n y estando conectada eléctricamente conductivamente a la primera región y a la segunda región por intermedio de aberturas situadas en la capa aislante, cubriendo dicha capa de resistencia al menos una parte de la capa aislante entre las mencionadas aberturas.

Son conocidos y son ampliamente utilizados tanto en elementos de circuito semiconductores como en circuitos semiconductores integrados, dispositivos semiconductores que tienen una prime-

ra región de un primer tipo de conductividad y una  
segunda región de un segundo tipo de conductivi-  
dad que está rodeada totalmente por dicha región  
y forma con la primera región una unión p-n que ter-  
mina en la superficie y está usualmente cubierta  
5 por una capa aislante. (una llamada unión planar).

En la práctica, sin embargo, se ha en-  
contrado que es muy difícil dar a dicha unión p-n  
una alta tensión de ruptura. Esto puede atribuirse  
10 a varias causas. En primer lugar, se producen lo-  
calmente altas intensidades de campo en el area de  
la línea de intersección de la unión p-n y la super-  
ficie cuando la unión p-n está polarizada en senti-  
do inverso. Esto se debe, entre otras cosas, a la  
15 fuerte curvatura de la unión p-n en la proximidad  
de dicha línea de intersección, cuya curvatura es  
más fuerte según que la unión p-n esté más cerca  
bajo la superficie.

Además, bajo la influencia de la alta  
20 intensidad de campo en la proximidad de la unión  
p-n, puede producirse desplazamiento de cargas eléc-  
tricas de un lado a otro y a través de la capa ais-  
lante que se encuentra sobre la superficie, cuya  
migración de carga puede hacer inestable la unión  
25 p-n y originar las corrientes de fugas no deseables

en particular a alta tensión inversa.

5 Como resultado de dichos problemas parece no ser posible en la práctica fabricar uniones  $p-n$  estables de técnica planar que tengan una tensión de ruptura de más de unos centenares de voltios sin la adopción de medidas particulares.

10 Con el fin de aumentar la tensión de ruptura de uniones planares, se ha probado, mediante la adopción de varias medidas, a reducir el campo eléctrico en particular en la proximidad de la unión  $p-n$  para una tensión inversa dada y evitar la migración de carga.

15 Para ese fin, de acuerdo con un primer método conocido, se dispone un electrodo de campo muy conductor sobre la capa aislante y se conecta a una de las regiones que forman la unión  $p-n$ , por ejemplo la región más altamente impurificada. Aunque, como resultado de esto, puede reducirse la intensidad de campo en la unión  $p-n$  y/o puede ser frenada la migración de carga, uno de los inconvenientes de este método es que el electrodo de campo en su integridad está al mismo potencial de modo que está aplicada la totalidad de la tensión inversa a través de la capa aislante entre el electrodo de campo y la superficie semiconductor, como resulta-

20

25

do de lo cual puede producirse ruptura a través de la capa aislante.

5 De acuerdo con otro método conocido, se disponen zonas adicionales del segundo tipo de conductividad que rodean totalmente a la segunda región, a alguna distancia de la segunda región. Debido a la presencia de dichas zonas adicionales, el campo eléctrico en la zona de empobrecimiento en la primera región es modificado a fin de permitir una tensión de ruptura más alta. Uno de los inconvenientes de este método, sin embargo, es que han de disponerse zonas adicionales en el cuerpo semiconductor y que, como resultado de la migración de carga a lo largo o a través de la capa aislante, pueden ponerse en cortocircuito entre sí y/o con la unión p-n las zonas que aumentan la tensión de ruptura.

10

15

De acuerdo con un tercer método conocido, se obtiene una variación gradual de la intensidad de campo en la zona de empobrecimiento disponiendo en paralelo con la unión p-n una capa de resistencia que está dispuesta sobre la capa aislante, cubre sustancialmente la totalidad de la unión p-n y está conectada de un modo conductivo a la primera región y a la segunda región por intermedio de aber-

20

25

turas situadas en la capa aislante, y forma una alta resistencia eléctrica entre dichas aberturas. Como resultado de esto, se obtiene un electrodo de campo que tiene un potencial que varía gradualmente, con lo cual se obtiene una distribución más favorable de la intensidad de campo en la zona de empobrecimiento que con un electrodo de campo de potencial constante. Uno de los inconvenientes de este método, sin embargo, es que aunque puede ejercerse alguna influencia sobre esta, por ejemplo por variaciones de espesor de la capa de resistencia, la variación de intensidad de campo resultante en la zona de empobrecimiento es solamente poco flexible y por lo tanto puede ser ajustada solamente con dificultad de un modo óptimo para cada caso individual. Además, con el fin de mantener la corriente de fuga que fluye a través de dicha capa de resistencia que está dispuesta en derivación con la unión p-n dentro de límites aceptables, la capa deberá tener una resistividad muy alta como resultado de su extensión en dos dimensiones lo cual es difícil de realizar de un modo reproducible para muchos materiales de resistencia.

Uno de los objetos del invento es crear un dispositivo en el cual se evitan las dificultades

des que tienen lugar en los dispositivos conocidos descritos, o al menos son reducidas considerablemente de un modo simple. Otro objeto del invento es crear un dispositivo mediante el cual, dentro de amplios límites, puede obtenerse una distribución óptima de intensidad de campo en la zona de empobrecimiento de la mencionada unión p-n en la superficie mientras se hace uso de procesos tecnológicos simples y conocidos y con una reproductibilidad muy grande, lo cual no es sutancialmente posible en los mencionados dispositivos conocidos.

El invento está basado, entre otras cosas, en el reconocimiento del hecho de que este objeto puede conseguirse de un modo simple disponiendo en derivación con la unión p-n una capa de resistencia de una forma y dimensiones elegidas muy eficientemente, en particular en el plano de la capa, en combinación si se desea, con regiones de superficie de la capa aislante cubiertas por una capa de contacto.

Por consiguiente, un dispositivo semiconductor del tipo mencionado en la introducción está caracterizado, de acuerdo con el invento, porque la capa de resistencia está en la forma de una tira alargada que está conectada al menos a

una parte de superficie de la capa aislante.

Puesto que en contraste con dispositivos conocidos, la capa de resistencia utilizada en el dispositivo de acuerdo con el invento no tiene la forma de una capa que se extiende en dos dimensiones, sino de una tira cuya longitud es más grande, preferiblemente mucho más grande, que la anchura, se obtiene la importante ventaja de que para la misma corriente de fuga máxima admisible a través de la capa de resistencia, la última puede tener una resistividad considerablemente más baja, como resultado de lo cual puede disponerse fácilmente la capa de resistencia de un modo reproducible.

Una ventaja adicional muy importante del dispositivo de acuerdo con el invento es que puede disponerse la capa de resistencia en forma de tira de un modo muy adecuado de modo que puede obtenerse una variación óptima previamente escogida de la intensidad de campo en la superficie a través de la zona de empobrecimiento, como se describirá con detalle posteriormente.

Además, por lo demás con la misma resistencia global, la capacidad de la capa de resistencia con relación al cuerpo semiconductor subyacente es considerablemente más pequeña, lo cual puede in-

fluir en ciertas circunstancias favorablemente sobre el comportamiento del dispositivo en alta frecuencia.

De acuerdo con una importante realización preferida, la mencionada parte de superficie a la que está conectada la capa de resistencia está dispuesta de tal modo que, sustancialmente a lo largo de la línea completa de intersección de la unión p-n y la superficie semiconductor, una línea normal a dicha línea de intersección corta a la mencionada parte de superficie.

Las uniones p-n como se utilizan en elementos de circuito semiconductores conocidos, están impurificadas fuertemente en forma asimétrica, como resultado de lo cual la zona de empobrecimiento se extiende sustancialmente en su integridad en la región que tiene la más baja concentración de impureza. En relación con esto, la mencionada parte de superficie de la capa aislante a la cual está conectada la capa de resistencia de un modo conductivo se encuentra en este caso preferiblemente sustancialmente en su integridad por encima de la región que tiene la más baja concentración de impureza. Ventajosamente, está dispuesta sustancialmente la totalidad de la capa de resistencia en forma de tira sobre la región menos im-

purificada.

En muchos casos la segunda región del segundo tipo de conductividad que está totalmente rodeada por material del primer tipo de conductividad, estará dispuesta en dicha primera región por impurificación desde el exterior del cuerpo y obtendrá usualmente una concentración de impureza más alta que la primera región. En relación con lo anterior, una realización preferida esta caracterizada por consiguiente porque la parte de superficie a la cual está conectada conductivamente la capa de resistencia, rodea a la segunda región sustancialmente en su integridad.

De acuerdo con una importante realización preferida, la capa de resistencia está directamente en contacto sustancialmente con la totalidad de dicha parte de superficie. En este caso, por ejemplo, la capa de resistencia está dispuesta en forma de bobina. Ventajosamente, la mayor parte de las espiras y preferiblemente todas las espiras de la capa de resistencia se encuentran por encima de la región menos impurificada. No es necesario que las espiras se extiendan de acuerdo con líneas suaves; ha de entenderse aquí que una tira en forma de bobina significa en general una tira que se extiende entre las mencionadas aberturas en la forma de una o más espiras que progresan

en el mismo sentido, estando situada cada una de las espiras siguientes totalmente en el exterior de la espira precedente. Las espiras pueden consistir, por lo demás, bien en líneas suavemente cerradas arbitrariamente o bien en líneas rectas quebradas, o combinaciones de las mismas. La forma de las espiras corresponderá aproximadamente en general a la forma de la línea de intersección de la unión p-n con la superficie.

10                    En esta disposición constructiva puede obtenerse una distribución de intensidad de campo deseable de un modo muy simple eligiendo la distancia mutua entre las espiras de modo que sea mayor o menor, o bien haciendo variar la distancia mutua de las espiras y haciéndola, por ejemplo, aumentar o 15 disminuir, contada desde la unión p-n. El ancho de la capa de resistencia puede hacerse variar también, o puede utilizarse una combinación de dichas medidas.

20                    De acuerdo con otra importante realización preferida, la parte de superficie de la capa aislante a la cual está conectada conductivamente la capa de resistencia, está cubierta sustancialmente en su integridad con una capa de contacto, preferiblemente 25 una capa metálica, que atraviesa la capa de resisten-

cia y está en contacto con la capa de resistencia en el area del cruce.

Tal capa de contacto toma en su integridad el potencial de la capa de resistencia en el area  
5 del cruce y puede hacer contacto con la capa de resistencia tanto sobre la cara superior como sobre la cara inferior de dicha capa. Preferiblemente, está dispuesta una pluralidad de dichas partes de superficie cubiertas por una capa de contacto,  
10 en la forma de tiras separadas mutuamente en donde cada una de las capas de contacto que cubren dicha pluralidad de partes de superficie, cruza la capa de resistencia entre las mencionadas aberturas y hace contacto en ese lugar con la capa de resistencia.  
15

En esta realización preferida, la distribución de campo deseable puede obtenerse también eligiendo adecuadamente el número de las mencionadas capas de contacto, su distancia mutua y su ancho.  
20 De acuerdo con una importante realización preferida, la distancia mutua de las capas de contacto varía y, por ejemplo, dicha distancia aumenta o disminuye, contada desde la unión p-n.

Al igual que las espiras de la capa de resistencia en forma de bobina en la realización prefe  
25

rida antes mencionada, la mayor parte de las capas de contacto y preferiblemente todas las capas de contacto de la realización preferida antes mencionada se encuentran preferiblemente por encima de la re-  
5 gión menos impurificada. La propia capa de resistencia puede estar en la forma de una tira recta o bien de una tira curvada.

La capa de resistencia puede consistir, por ejemplo, en una capa metálica que sea tan del-  
10 gada que su resistencia global sea alta. Ventajosa- mente, sin embargo, se escoge un material semicon- ductor para la capa de resistencia. Es particular- mente adecuado a este respecto el silicio policris-  
15 talino que puede disponerse fácilmente con la resis- tividad y la reproductibilidad requeridas sobre la capa aislante por descomposición química de un gas que contiene silicio.

La capa de resistencia puede estar en po- sición contigua en sus extremos con la primera y la  
20 segunda región. Preferiblemente, sin embargo, al me- nos uno de los extremos de la capa de resistencia en forma de tira está conectado a una capa muy con- ductora, preferiblemente una capa metálica, que es contigua a la superficie semiconductor a través de  
25 una abertura situada en la capa aislante, lo cual fa

cilita el contacto entre la capa de resistencia y la superficie semiconductor. Una importante realización preferida está caracterizada porque la mencionada capa muy conductora es contigua a la segunda región y se extiende por encima de la primera región sobre la línea completa de intersección de la unión p-n y la superficie semiconductor. Como resultado de esto, se obtiene un efecto de campo favorable a través de la capa muy conductora en la inmediata proximidad de la unión p-n.

El invento puede ser aplicado ventajosamente a cualquier dispositivo semiconductor que tenga una unión p-n planar que deba ser capaz de soportar altas tensiones inversas. De acuerdo con una realización preferida muy importante, sin embargo, la primera región constituye la zona de colector y la segunda región constituye la zona de base de un transistor de alta tensión.

Se describirá ahora el invento con mayor detalle con referencia a unos cuantos ejemplos y a los dibujos, en los cuales:

La Figura 1 es una vista diagramática en planta de un dispositivo semiconductor conocido.

La Figura 2 es una vista diagramática en corte transversal del dispositivo representado en la Figura

ra 1 tomada sobre la línea II-II.

La Figura 3 es una vista diagramática en planta de un dispositivo de acuerdo con el invento.

La Figura 4 es una vista diagramática en  
5 corte transversal del dispositivo representado en la Figura 3, tomada sobre la línea IV-IV.

La Figura 5 es una vista diagramática en planta de otro dispositivo de acuerdo con el invento, y

10 La Figura 6 es una vista diagramática en corte transversal del dispositivo representado en la Figura 5, tomada sobre la línea VI-VI.

Las Figuras, tanto las vistas en planta como las vistas en corte transversal, son diagramáticas y no están dibujadas a escala. Las partes correspondientes en las diversas figuras están designadas generalmente por las mismas cifras de referencia. Las capas metálicas están sombreadas en las vistas en planta (figuras 1, 3 y 5). Para mayor claridad, no están  
15 dibujadas en la proporción correcta mutuamente las diversas dimensiones en las vistas en planta.

La Figura 1 es una vista diagramática en planta y la figura 2 es una vista diagramática en corte transversal de un dispositivo semiconductor conocido que  
20 tiene una unión p-n planar, en este caso un diodo de al

ta tensión. El dispositivo (vease la figura 2) tiene un cuerpo 1 semiconductor de silicio con una superficie 2 que está cubierta con una capa 3 eléctricamente aislante de óxido de silicio. Una primera región 4 de tipo n, que tiene una concentración de impureza de  $8 \cdot 10^{13}$  átomos/cm<sup>3</sup> (resistividad 60 Ohm.cm), es contigua a la superficie 2. Una segunda región 5 conductiva difundida de tipo p está totalmente rodeada dentro del cuerpo 1 por la primera región 4 y constituye con la misma una unión 6 p-n que termina en la superficie 2 y que corta a la superficie 2 de acuerdo con una curva 7 cerrada (vease la figura 1). Esta curva 7 de intersección está cubierta por todas partes por la capa 3 de óxido.

La unión p-n antes descrita, una unión llamada planar, no puede generalmente alcanzar una tensión de ruptura de más de unos cuantos centenares de voltios. Entre otras cosas, como resultado de la fuerte curvatura de la unión 6 p-n en el borde de la unión en la proximidad de la línea 7 de intersección con la superficie 2, se producen altas intensidades de campo en ese area al polarizar la unión p-n en sentido inverso, cuyas intensidades de campo limitan la tensión de ruptura a algunos centenares de voltios, aunque la impurificación de la región 4, la región menos impurificada, permite teóricamente una tensión de ruptura mucho

más alta.

Además, bajo la influencia de la alta intensidad de campo a través o entre las caras de la capa 3 de óxido, puede tener lugar desplazamiento de cargas eléctricas. Tal migración incontrolada de carga origina inestabilidades y extensión incontrolada de la capa de empobrecimiento, lo cual es generalmente no deseable. La aparición de estos fenómenos reduce por consiguiente la tensión inversa admisible a través de la unión p-n.

En el dispositivo conocido representado en las figuras 1 y 2 se han intentado mitigar los inconvenientes antes mencionados disponiendo en derivación con la unión 6 p-n una capa 8 de silicio policristalino situada de modo que está dispuesta sobre la capa 3 de óxido y que tiene un espesor de aproximadamente 1 micra y una alta resistividad, que está conectada de un modo eléctricamente conductivo a la primera región 4 por medio de una capa 9 de aluminio que es contigua a la región 4 a través de una abertura situada en la capa 3 de óxido. Con el fin de obtener un buen contacto 10 entre la capa 9 y la región 4, está difundida localmente en la región 4 una zona 10 de tipo n altamente impurificada. En el otro extremo, la capa 8 es contigua a una capa 11 de aluminio que es contigua a la segunda región 5 de tipo p por intermedio de una

abertura situada en la capa 3 de óxido.

La resistencia total de la capa 8 dispues  
ta en derivación con la unión p-n (de dimensiones  
5x5 mm), es en este ejemplo aproximadamente de  $10^6$   
5 Ohm. y determina sustancialmente la corriente de fu-  
gas que es aproximadamente de 10 mA para una tensión  
inversa de 1000 Voltios a través de la unión p-n. Pa-  
ra una corriente de fugas más pequeña, se requiere  
una resistencia total de la capa de resistencia pro  
10 porcionalmente mayor.

La capa 8 sirve como electrodo de campo  
con un potencial que varía de modo continuo, como re-  
sultado de lo cual la zona de empobrecimiento se ex-  
tiende entre los contornos 12 y 13 de línea de trazos  
15 para una tensión inversa dada, aplicada como se repre-  
senta en la figura 2 por medio de una fuente E de ten-  
sión a través de una resistencia R. Sin la presencia  
de la capa 8, dicha zona de empobrecimiento se extien-  
de entre los límites 12 y 13'. Es obvio que, debido a  
20 la presencia de la capa 8, la región de carga espa-  
cial comprendida entre los límites 12 y 13 está fuer-  
tamente ensanchada en la superficie, como resultado de  
lo cual las intensidades de campo que se presentan es-  
tán reducidas en forma acorde lo que aumenta considera-  
25 blemente la tensión inversa admisible.

Es muy difícil fabricar de un modo repro-  
ductible, sin embargo, una capa de resistencia que  
tenga tal resistividad elevada como la aquí utiliza-  
da. No obstante, se requiere una considerable repro-  
5 ductibilidad en este caso. Como norma a seguir, la  
resistencia global de la capa 8 deberá estar, por  
una parte, por encima de un cierto valor mínimo a  
fin de mantener la corriente de fugas dentro de lí-  
mites permisibles. Por otra parte, sin embargo, dicha  
10 resistencia no deberá ser tan alta que se haga de la  
misma magnitud, o mayor, que la resistencia natural  
de fugas de la unión p-n, puesto que en ese caso se  
pierde la influencia favorable de la capa 8 sobre  
la tensión de ruptura.

15 En este dispositivo conocido, la variación  
del contorno límite 13 de la zona de empobrecimiento  
y por tanto la variación de la intensidad de campo  
en la superficie situada en la zona de empobrecimien-  
to, pueden ser influidas adicionalmente solamente en  
20 un grado limitado, por ejemplo, variando localmente  
el espesor de la capa 8.

Con el fin de evitar dichos inconvenientes  
totalmente o al menos en una parte considerable, se  
da a la capa 8, de acuerdo con el invento, la forma  
25 de una tira alargada. Las figuras 3 y 4 representan

tal dispositivo de acuerdo con el invento, en este ejemplo un transistor de alta tensión, del cual la región 4 es la zona de colector y la región 5 es la zona de base. Las regiones 4 y 5 y la unión 6 p-n tienen la misma concentración de impureza y las mismas dimensiones, respectivamente, que en el dispositivo conocido representado en las figuras 1 y 2. Una zona 21 de emisor de tipo n que forma una unión 22 p-n con la zona 5 de base está dispuesta dentro de la zona 5 de base de tipo p, cortando dicha unión al cuerpo semiconductor de acuerdo con una línea 23. La zona 21 de emisor, la zona 5 de base y la zona 4 de colector tienen establecido contacto del modo usual por intermedio de capas 24, 11 y 25 de aluminio.

En este ejemplo la unión 6 base colector tiene dispuesta en derivación una capa de resistencia de silicio policristalino en la forma de una tira 26 alargada que está en posición contigua a la región 5 por intermedio de la capa 11 de aluminio y es adyacente, por intermedio de una capa 9 de aluminio, a la región 4 que tiene en el área de dicha parte adyacente una zona 10 de contacto de tipo n difundida altamente impurificada, como en la figura 2. Dicha tira 26 se extiende como una bobina desde su zona adyacente con la capa 11, a través de varias espiras que rodean a la región 5 y

cubren una parte de superficie igualmente en forma de bobina de la capa 3 de óxido, hasta su zona adyacente con la capa 9. Prácticamente, la capa 26 de resistencia completa con todas sus espiras se encuentra sobre la región 4 que está menos impurificada que la región 5.

Para mayor claridad, solamente se representa un pequeño número de espiras en la figura 3. Realmente el número de espiras será usualmente más grande y será, por ejemplo, de diez o más.

Resultará obvio que en el dispositivo de acuerdo con el invento como se ha descrito en este ejemplo, en comparación con el dispositivo conocido representado en las figuras 1 y 2, la tira 26 puede tener una resistividad mucho más baja que la capa 8 cuando la resistencia global de la capa 8 continua, coherente, es la misma que la de la tira 26 en forma de bobina y cuando ambas capas 8 y 26 tienen el mismo espesor (homogéneo) de capa. Esto puede ponerse de manifiesto mediante el siguiente ejemplo numérico.

En una unión p-n que tiene dimensiones de 5x5 mm y una región que tiene una concentración de impureza de  $8 \times 10^{13}$  átomos/cm<sup>3</sup>, el ancho de la zona de empobrecimiento con una tensión inversa de 1000 voltios es en ambos casos de 200 micras en la su-

perficie. Con el fin de cubrir totalmente la zona de empobrecimiento en la superficie, una capa 10 de resistencia en forma de bobina requiere espiras de 10 micras de ancho y 10 micras de espacio intermedio, junto con la longitud de  $2 \cdot 10^5$  micras aproximadamente. Con un espesor de capa de 1 micra, se consigue una resistencia global de  $10^6$  Ohm, en este caso con una resistividad media de aproximadamente  $5 \times 10^{-3}$  Ohm.cm. En el mismo caso, la resistividad media de la capa de resistencia sería de  $10^4$  Ohm.cm. aproximadamente con una capa de resistencia continua cerrada como la capa 8 de las figuras 1 y 2, con el mismo espesor de capa. Las resistividades requeridas en este ejemplo están de este modo en la proporción de 1: 2.000.000.

Además al disponer la tira 26 en forma de bobina, existe una gran libertad en la elección eficiente de las dimensiones, en particular del ancho de la tira y de la distancia mutua de las espiras, como resultado de lo cual puede ajustarse fácilmente una variación de potencial deseada, previamente calculada, en la zona de empobrecimiento. Como en la figura 2, las líneas 12 y 13 indican los límites de la zona de empobrecimiento con la misma tensión inversa a través de la unión 6. Como está indicado diagramáti-

camente en las figuras 3 y 4, el espacio intermedio entre las espiras disminuye desde la región 5 hacia el exterior en el ejemplo representado, como resultado de lo cual el potencial a lo largo de la superficie a una gran distancia de la región 5 disminuye más rápidamente, lo cual puede ser favorable en ciertas circunstancias.

Además, es obvio que la capacidad de la tira 26 con relación al material (4,5) semiconductor subyacente es mucho más pequeña que la de la capa 8 en las figuras 1 y 2.

El hecho de que la capa 26 de resistencia no afecte al área completa de la capa aislante por debajo de la cual se encuentra la zona de empobrecimiento de la unión p-n, no influye de modo adverso sobre la acción de la capa de resistencia puesto que el efecto de campo eléctrico de la bobina se extiende también apreciablemente entre las espiras, al menos cuando la distancia entre dichas espiras no es demasiado grande. Además las posibles depresiones del potencial entre dos espiras serán compensadas por migración de carga a lo largo o a través de la capa de óxido entre las espiras. De este modo, es utilizada ventajosamente en el invento la migración de carga entre las espiras a este respecto.

En ciertas circunstancias pueden ser preferidas otras formas y dimensiones de la tira en forma de bobina. En relación con esto, se hace notar que la capa 3 aislante puede estar cubierta entre las espiras con un material de una resistividad tan alta que este pueda ser considerado como aislante con respecto a la capa 26. Por ejemplo, dentro del campo del invento, puede ser depositada tal capa semiconductora sustancialmente aislante, por ejemplo silicio policristalino de muy alta resistividad, sobre la capa 3 y, después de disposición local de mascarilla, puede ser difundida en dicha capa sobre al menos una parte del espesor de capa, una zona en forma de tira en la forma de una bobina de la resistividad y dimensiones requeridas.

En el dispositivo de las figuras 3 y 4, también la capa 11 metálica se extiende por todas partes por encima de la línea 7 de intersección de la unión p-n y la superficie y por encima de la región 4, como resultado de lo cual es influido favorablemente el campo eléctrico en particular en la proximidad de la unión p-n en la superficie.

Como se representa diagramáticamente en la figura 4, la unión 22 emisor base en el estado de funcionamiento está polarizada en sentido directo y la unión

6 base colector está polarizada en sentido inverso por medio de fuentes  $E_1$  y  $E_2$  de tensión, siendo suministrada, por ejemplo, una señal  $U$  de entrada entre el emisor y la base y siendo tomada la señal en  
5 forma amplificada a través de la resistencia  $R$ .

Sin embargo, el invento no está en absoluto restringido a la construcción de la capa de resistencia en la forma de una bobina. Por ejemplo, en las figuras 5 y 6 se representa una realización diferente de un dispositivo de acuerdo con el invento. Este  
10 dispositivo comprende un diodo que tiene una unión  $p-n$  planar que, en lo que respecta a su estructura de cuerpo semiconductor, es bastante análogo al diodo representado en las figuras 1 y 2 en donde las zonas  
15 4 y 5 tienen también la misma forma y concentración de impureza.

En el dispositivo representado en las figuras 5 y 6, la capa de resistencia está en la forma de una tira 31 alargada. Esta tira 31 está conectada  
20 eléctricamente conductivamente a varias partes de superficie anulares concéntricas de la capa 3 de óxido de silicio, cuyas partes de superficie anulares están totalmente cubiertas con una capa 32 de contacto de aluminio. Cada una de dichas capas 32 de contacto atraviesa la capa 31 de resistencia y es contigua a la ca-  
25

pa 31 de resistencia en el area 33 del cruce.

5 Cada una de las capas 32 de contacto tiene el potencial de la capa de resistencia en el area del cruce con la pertinente capa de contacto. Como resultado de esto, se obtiene una distribución de potencial que se asemeja mucho a la del ejemplo representado en las figuras 3 y 4 en la zona de empobrecimiento de la unión  $6 p-n$  entre los contornos 12 y 13.

10 Por intermedio de las capas 9 y 11 de aluminio, la capa 31 de resistencia está en posición contigua con las regiones 4 y 5, estando nuevamente dispuesta una zona 10 de tipo  $n$  altamente impurificada para un buen contacto con la región 4. Como se representa diagramáticamente en la figura 6, el diodo está provisto de conexiones eléctricas sobre las capas 9 y 11.

15 Aunque la capa 31 de resistencia en forma de tira es considerablemente más corta que la tira en forma de bobina de las figuras 3 y 4, la resistividad de la tira 31 puede ser, a pesar de ello, considerablemente más pequeña que la de la capa 8 en el dispositivo conocido representado en las figuras 1 y 2.

20 La distribución deseada de potencial puede obtenerse en este ejemplo, en analogía con las espiras de bobina del ejemplo de las figuras 3 y 4, me-

diante elección adecuada del ancho de las tiras 32 de aluminio y su distancia mutua y, si es deseable, haciéndolas aumentar o disminuir desde la región 5. Otro método adecuado de obtención de la distribución deseada de potencial consiste en que la capa 31 de resistencia no está dispuesta transversalmente a los anillos 32 sino oblicuamente respecto a los mismos, o en que la tira 31 no está construida en la forma de una tira recta sino en la forma de una tira curva da como se representa en líneas de trazos en la figura 5. Por ejemplo, con igual distancia mutua entre los anillos 32 y el mismo espesor de la capa de resistencia, se obtiene una distribución de potencial de variación más lenta con una tira de la forma 31a en la proximidad de la unión 6 p-n que a una distancia mayor desde la unión. Con una forma de tira como la representada en 31b, por el contrario, la diferencia de potencial entre anillos sucesivos en la proximidad de la región 5 se hace mayor que a alguna distancia de la misma, mientras que con una forma de la tira como la representada en 31c se obtiene una variación de potencial, tomada desde la región 5, primero rápida, después lenta y después nuevamente rápida. El ancho de la tira 31 puede ser también variado; por ejemplo, con una capa de resistencia de la forma 31d puede ob-

tenerse una caída de potencial más rápida al aumentar la distancia de la unión p-n. De este modo, resultará claro que pueden ser utilizadas todas las combinaciones de variaciones en el ancho y el espacio intermedio de las capas 32 de contacto, y en el ancho, espesor y curvatura de la tira 31 para obtener un resultado óptimo en cada caso particular.

El dispositivo de acuerdo con el invento como se ha descrito en los ejemplos precedentes puede ser fabricado al tiempo que se utilizan métodos convencionales de fabricación de estructuras semiconductoras planares. La región 5 puede ser formada por difusión, por ejemplo de óxido impurificado, o de modo diferente, por ejemplo por implantación iónica. La región 5 puede obtenerse también por crecimiento epitáctico en una cavidad previamente dispuesta en la región 4. La región 5 puede impurificarse en un grado más bajo que la región 4, en cuyo caso las espiras de la bobina 26 y la capa 32 de contacto, respectivamente, se dispondrán preferiblemente sobre la capa 5. Pueden también ser utilizados para disponer la capa (26, 31) de resistencia, métodos convencionales tales como depósito de vapor, descomposición térmica de un compuesto gaseoso, deposición catódica, etc.

Resultará obvio que el invento no está restringido

gido a los ejemplos descritos, sino que son posibles muchas variaciones para los expertos en la técnica sin apartarse del campo de este invento, en el cual es utilizada siempre ventajosamente la caída de tensión a través de una capa de resistencia en la forma de una tira alargada para aumentar la tensión de ruptura a través de una unión p-n y/o para eliminar los resultados adversos della migración de carga en la proximidad de una unión p-n .

10                    Por ejemplo, en las realizaciones descritas, las capas 32 de contacto en la segunda realización pueden ser interrumpidas en cuyo caso, sin embargo, ambas partes del anillo deben quedar conectadas a la capa de resistencia. En ciertos casos, cuando el objeto es contrarrestar la migración de carga solamente sobre un

15                    area restringida, la capa de contacto puede ser sustituida por tiras cortas que atraviesan la capa 31 de resistencia, hacen contacto con la capa de resistencia en el area del cruce, y se extienden desde el cruce solamente a través de la mencionada area de superficie restringida. Usualmente, sin embargo, será deseable en particular hacer lo más alta posible la tensión de ruptura de la unión p-n, en cuyo caso cada una de las partes de superficie de la capa aislante conectadas a la capa

20                    de resistencia estarán dispuestas, como en el ejemplo

25

descrito, de tal modo que a lo largo sustancialmente de la línea completa de intersección de la unión p-n y la superficie semiconductor, una línea normal a dicha línea de intersección corta a las pertinentes partes de superficie. Esta configuración tiene como resultado que la distribución de campo en la superficie a través de todos los puntos de la línea de intersección de la unión p-n con la superficie, toma la curva de variación deseada. La anterior condición se satisface en los ejemplos descritos (vease la figura 3) en donde, por ejemplo, la línea IV-IV, y cualquier otra línea normal a la unión p-n, corta a las partes de superficie de la capa 3 aislante cubiertas por la capa 26. En la Figura 5 también, la línea VI-VI, y cualquier otra línea normal a la unión p-n, corta a todas las partes de superficie de la capa 3 aislante cubiertas por la capa 32.

Es de observar además que, por supuesto, pueden ser utilizados materiales semiconductores diferentes de los mencionados en los ejemplos, por ejemplo germanio o compuestos  $A_{III} B_V$ , por ejemplo GaAs. Pueden también utilizarse capas aislantes que no sean de óxido de silicio, por ejemplo nitruro de silicio,  $Al_2O_3$ , o capas compuestas consistentes en dos o más capas aislantes diferentes situadas una sobre otra. La capa de resistencia

puede también componerse de otros materiales con resistividad relativamente alta o puede estar compuesta de dos o más capas de resistencia dispuestas una sobre otra. Además, pueden disponerse una o más capas aislantes a través de la capa de resistencia y a través de todas las otras partes, para fines de aislamiento o protección. Además, el invento no está restringido a diodos o transistores sino que también puede ser utilizado ventajosamente por ejemplo en tiristores u otros elementos de circuito de alta tensión.

La presente solicitud, que corresponde a la presentada en Holanda, el 2 de Julio de 1971, bajo el Nº 7109139 se acoge a los beneficios del Artículo 51 del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.

15

#### REIVINDICACIONES

20

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

25

24.7.72

- 31 -

1.- Un dispositivo semiconductor que comprende un cuerpo semiconductor que está cubierto, al menos parcialmente, por una capa eléctricamente aislante, una primera región de un primer tipo de conductividad contigua a dicha superficie y una segunda región del segundo tipo de conductividad igualmente contigua a dicha superficie y que está totalmente rodeada dentro del cuerpo semiconductor por la primera región y forma con la misma una unión p-n que termina en dicha superficie, mientras que, con el fin de aumentar la tensión de ruptura de dicha unión p-n, está presente una capa de resistencia de una resistencia eléctrica alta sobre la capa aislante, estando separada dicha capa de la unión p-n y estando conectada mediante unión eléctricamente conductiva a la primera región y a la segunda región por intermedio de aberturas situadas en la capa aislantes, cubriendo dicha capa de resistencia al menos una parte de la capa aislante entre dichas aberturas, caracterizado porque la capa de resistencia está dispuesta en la forma de una tira alargada que está conectada al menos a una parte de superficie de la capa aislante.

2.- Un dispositivo semiconductor de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque la mencionada parte de superficie a la cual está conectada la capa de resistencia está dispuesta de tal modo que, sustancialmen

te a lo largo de la línea completa de intersección de la unión p-n y la superficie semiconductor, corta a la mencionada parte de superficie una línea normal a dicha línea de intersección.

5                   3.- Un dispositivo semiconductor de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 2, caracterizado porque la mencionada parte de superficie se encuentra sustancialmente en su integridad encima de la región que tiene la concentración de impureza más  
10                   baja.

                  4.- Un dispositivo semiconductor de acuerdo con una o más de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque la capa de resistencia en forma de tira se encuentra sustancialmente en su integridad en  
15                   cima de la región que tiene la concentración de impureza más baja.

                  5.- Un dispositivo semiconductor de acuerdo con una o más de las reivindicaciones precedentes, ca  
20                   racterizado porque la mencionada parte de superficie rodea a la segunda región sustancialmente en su integridad.

                  6.- Un dispositivo semiconductor de acuerdo con una o más de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque la capa de resistencia está en con  
25                   tacto sustancialmente con la totalidad de dicha parte

de superficie.

7.- Un dispositivo semiconductor de acuerdo con la reivindicación 6, caracterizado porque la capa de resistencia está dispuesta en la forma de una bobina.

5

8.- Un dispositivo semiconductor de acuerdo con la reivindicación 7, caracterizado porque la mayor parte de las espiras y preferiblemente todas las espiras de la capa de resistencia se encuentran encima de la región de concentración de impureza más baja.

10

9.- Un dispositivo semiconductor de acuerdo con la reivindicación 7 o la reivindicación 8, caracterizado porque la distancia mutua entre las espiras de la capa de resistencia en forma de bobina varía.

15

10.- Un dispositivo semiconductor de acuerdo con una o más de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado porque la mencionada parte de superficie está cubierta sustancialmente en su integridad con una capa de contacto en forma de tira, preferiblemente una capa metálica, cuya capa de contacto atraviesa la capa de resistencia y hace contacto con la capa de resistencia en el área en que la atraviesa.

20

11.- Un dispositivo semiconductor de acuerdo con la reivindicación 10, caracterizado porque está dispuesta una pluralidad de las mencionadas partes de

25

superficie cubiertas por una capa de contacto, en la forma de tiras separadas entre sí, en las cuales cada una de las capas de contacto que cubren dicha pluralidad de partes de superficie atraviesa la capa de resistencia entre las mencionadas aberturas y hace contacto con la capa de resistencia en esa area.

12.- Un dispositivo semiconductor de acuerdo con la reivindicación 11, caracterizado porque la distancia mutua de las capas de contacto varía.

13.- Un dispositivo semiconductor de acuerdo con una o más de las reivindicaciones 10 a 12, caracterizado porque la mayor parte de las capas de contacto, y preferiblemente todas las capas de contacto, se encuentran encima de la región de concentración de impureza más baja.

14.- Un dispositivo semiconductor de acuerdo con una o más de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque la capa de resistencia es de un material semiconductor.

15.- Un dispositivo semiconductor de acuerdo con la reivindicación 14, caracterizado porque la capa de resistencia es de silicio policristalino.

16.- Un dispositivo semiconductor de acuerdo con una o más de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque al menos uno de los extremos de la

capa de resistencia en forma de tira está conectado a una capa muy conductora, preferiblemente una capa metálica, que es contigua a la superficie semiconductor a través de una abertura situada en la capa aislante.

5

17.- Un dispositivo semiconductor de acuerdo con la reivindicación 16, caracterizado porque la mencionada capa muy conductora es contigua a la segunda región y se extiende hasta por encima de la primera región sobre toda la línea de intersección de la unión p-n y la superficie semiconductor.

10

18.- Un dispositivo semiconductor de acuerdo con una o más de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque la primera región constituye la zona de colector y la segunda región constituye la zona de base de un transistor de alta tensión.

15

19.- Un dispositivo semiconductor.

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

20

25

Esta Memoria constande treinta y siete ho-  
jas escritas a máquina por una sola cara.

Madrid,  
P.A.

2 AGO. 1972

Alberto de Elzaburu  
Por Orden

24.7.72

EAS.-

- 37 -

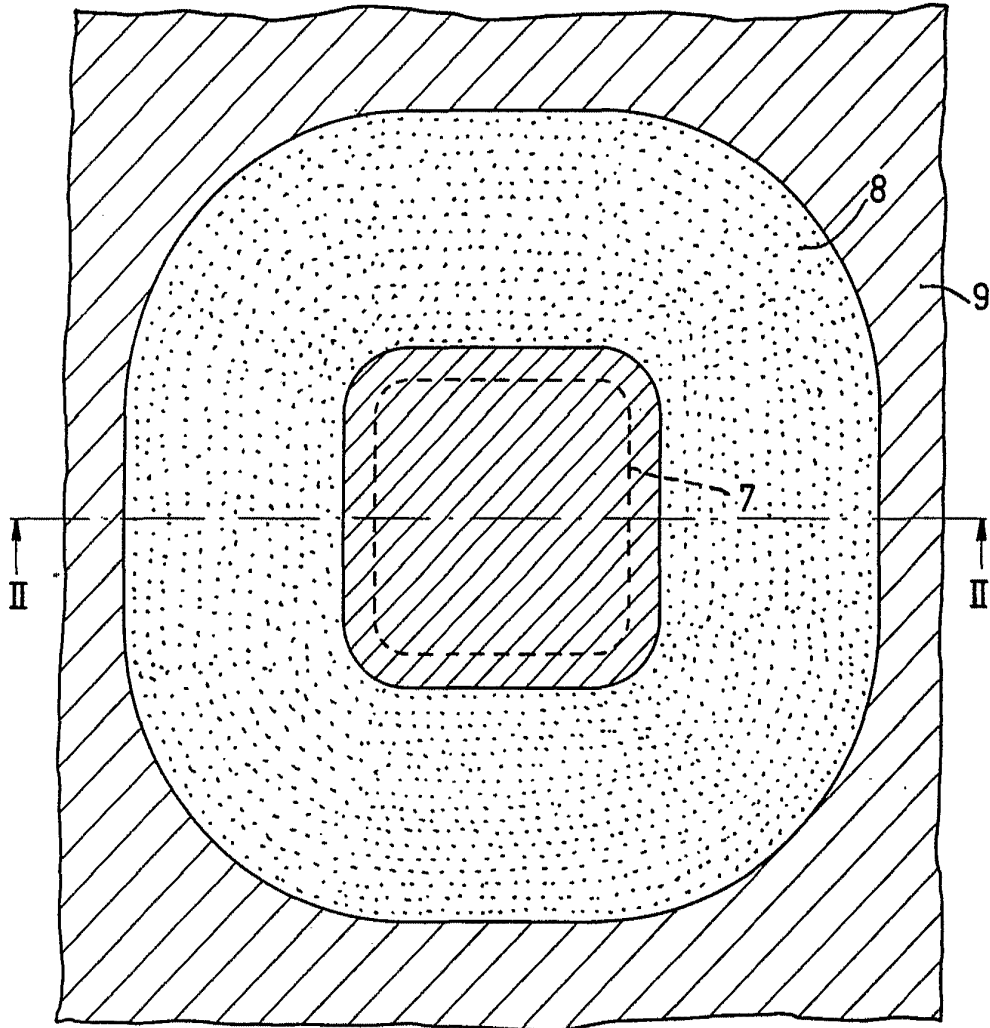


Fig. 1

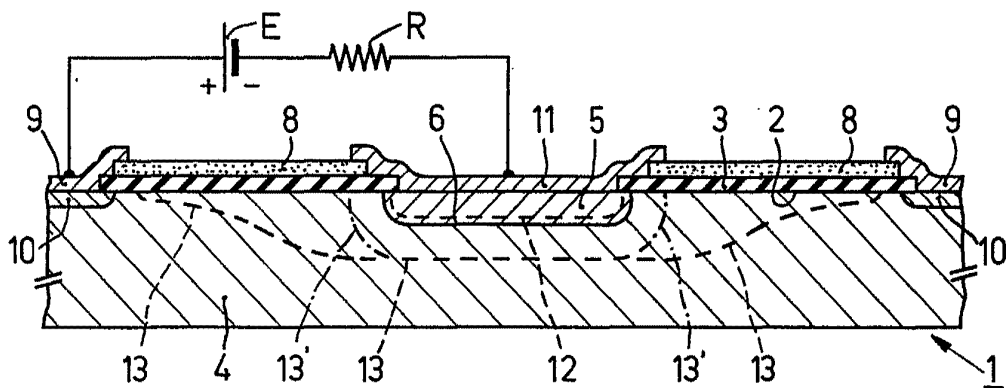


Fig. 2

Alberto de Elzoburu  
Per Fourn.



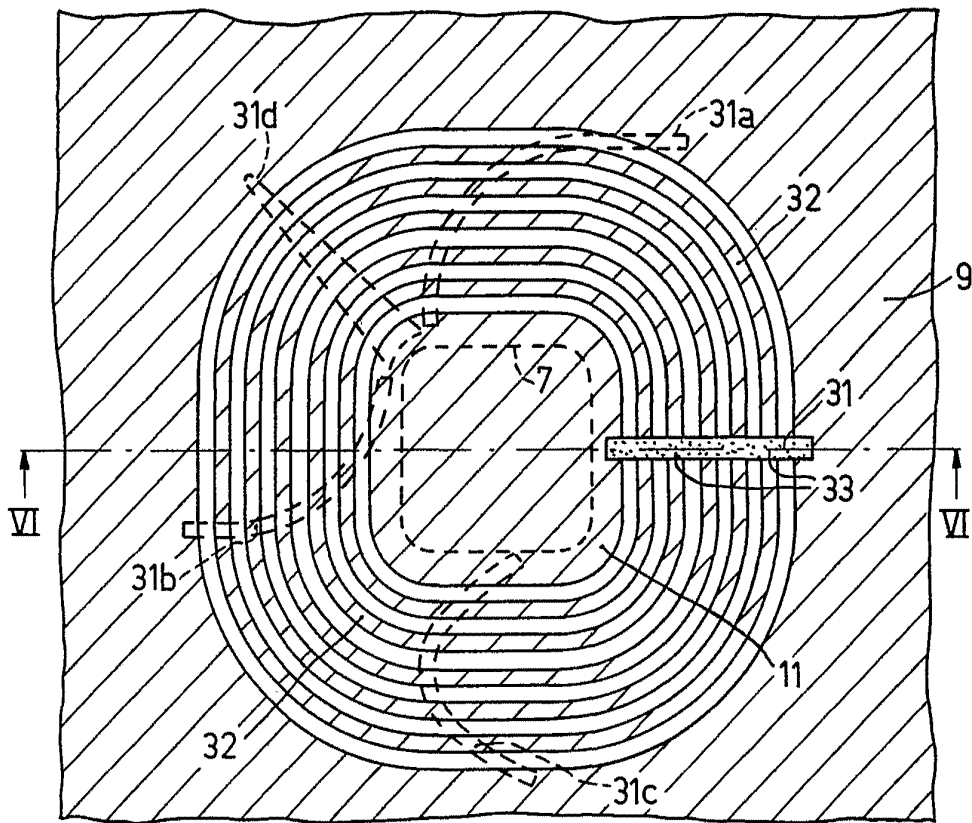


Fig. 5

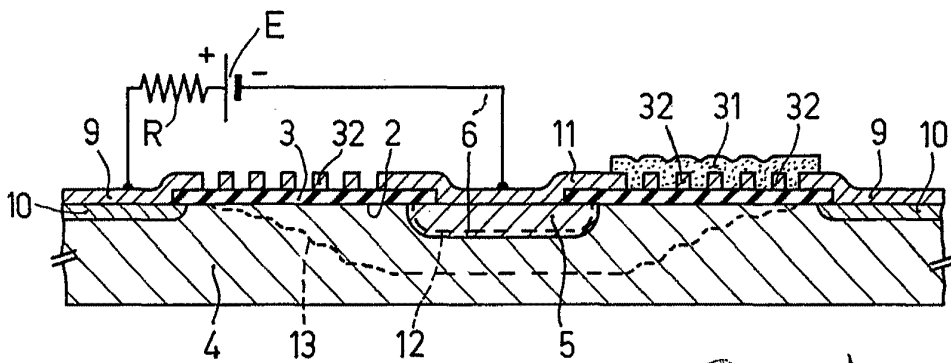


Fig. 6