



MEMORIA DESCRIPTIVA

que se presenta para unir a la solicitud

de

P A T E N T E D E I N V E N C I O N

formulada el 16 de Julio de 1.966, con el Nº 329.228

en

E S P A Ñ A

por VEINTE años

a nombre de RADIO CORPORATION OF AMERICA, entidad norteamericana, establecida en 30 Rockefeller Plaza, Nueva York, N.Y., Estados Unidos de América, por:

"UN DISPOSITIVO TRANSISTOR"

=====

Esta invención se refiere en general a dispositivos semiconductores y, más en particular, a un transistor mejorado que tiene características mejoradas de tensión y de segunda perforación de polarización inversa. El transistor mejorado de la presente invención es particularmente útil como transistor de potencia y de alta frecuencia del tipo utilizado en suministros de corriente regulados, convertidores, inversores, amplificadores y similares.



Cuando se interrumpe súbitamente la corriente en un circuito que emplea un transistor y una carga inductiva, una tensión inductiva resultante puede hacer que la capa de carga espacial del colector del transistor se extienda a través de la región activa del colector del transistor, siendo la región activa del colector la parte del material del colector situada debajo de la región de base y por encima del sustrato muy activado del transistor. Si esto sucede, resulta entonces un ensachamiento de la base y se presenta la posibilidad de una segunda perforación de tensión dependiente del nivel de impurezas del sustrato. Esta condición, si se deja que persista, reduciría grandemente la impedancia de salida del transistor y circularían corriente de gran intensidad. Tal acción produciría un excesivo calentamiento del transistor, dando por resultado su eventual destrucción. La tensión inducida resultante de una carga puede hacer también que circule una corriente muy intensa a través de la región del colector del transistor bajo condiciones de tensión de perforación. Así, pueden existir una gran densidad de corriente y un campo eléctrico grande en la unión de colector simultáneamente. En algunos transistores, estas condiciones pueden precipitar un funcionamiento térmico desordenado localizado. Esto es especialmente cierto cuando existen defectos cristalográficos y/o regiones no uniformes en cuanto a impurezas en la base de las regiones activas de colector del transistor. En estas condiciones, se dice que se produce en el transistor una segunda perforación. Si la unión de base-emisor del transistor no está polarizada en sentido directo, como en el caso en que se interrumpe súbitamente un circuito inductivo, la segunda perforación

27 AGO



se denomina segunda perforación de polarización inversa.

5 En general, una segunda perforación en un transistor de unión es una condición en la que la impedancia de salida pasa instantáneamente de un valor positivo muy grande a un valor negativo y después a un pequeño valor positivo final. En algunos aspectos, la segunda perforación parece similar a una perforación de avalancha normal, ya sea de colector a base, ya de colector a emisor.

10 Físicamente, una segunda perforación es un efecto de funcionamiento térmico desordenado local inducido por grandes concentraciones de corriente en el transistor. Estas concentraciones de corriente pueden resultar de condiciones de polarización inadecuadas, excesivos campos de base transversales o defectos en la región de base y/o  
15 en las uniones.

En todos los transistores de unión puede producirse hasta cierto grado una segunda perforación. En muchos transistores para baja frecuencia y baja potencia, por ejemplo, la máxima característica de disipación en estado constante  
20 limita el producto de tensión-corriente a algo menos del valor crítico necesario para producir la segunda perforación. Sin embargo, en transistores de frecuencia y potencia relativamente altas, el valor crítico aumentado de sus tolerancias estructurales y la severidad aumentada de sus condiciones de trabajo hace que tengan características de potencia  
25 de segunda perforación relativamente más bajas.

30 Descrito en pocas palabras, el transistor mejorado comprende una región de emisor, una región de base y una región de colector en las que la resistividad disminuye sustancialmente paso a paso en la dirección que se aleja de la



región de base.

La región de colector puede comprender dos o más capas de colector de material semiconductor. Cuando la región de colector comprende solo dos capas de colector, la resistividad de al menos una capa de colector debe disminuir paso a paso o escalonadamente en una dirección que se aleja de la región de base. En una realización preferida de la invención, la región de colector comprende tres capas de colector del mismo tipo de conductividad, siendo la resistividad de la capa de colector adyacente a la región de base mayor que la de una capa de colector adyacente y siendo la resistividad de la última capa de colector mayor que la de una capa de colector de sustrato muy activada.

Las características nuevas de la invención, así como la invención por sí misma, tanto en lo que se refiere a su organización como a su método de trabajo, se comprenderán de manera más completa cuando se considere la invención en relación con el dibujo que se acompaña, cuya única figura es una vista fragmentaria en sección transversal del transistor mejorado.

Haciendo ahora referencia al dibujo, se ha representado en él un fragmento de un transistor NPN mejorado de material semiconductor, tal como silicio o germanio, por ejemplo, que comprende una región de colector combinada, una región de base y una región de emisor.

Aunque el transistor es del tipo NPN, es simplemente ilustrativo de una realización de la invención, y cae también dentro del alcance de la presente invención crear transistores PNP mejorados con características de segunda perforación mejoradas.



27 AGO

La región de colector combinada 14 comprende una capa de colector de sustrato 20 de material semiconductor degenerado, tal como una oblea de silicio monocristalino de tipo N muy activado, indicado en el dibujo por el símbolo N+

5 Las dimensiones y las resistividades dadas para la realización ilustrada aquí son para transistores mejorados del tipo 2N3265 (transistores de silicio NPN para tensión media, gran potencia y dotados de mesas). El espesor de la capa de colector de sustrato 20 está comprendido entre 0,16 y 0,17

10 milímetros y su resistividad es menor que 0,01 ohm-cm. Estas especificaciones no son críticas y transistores de otros tipos que emplean la estructura mejorada pueden tener diferentes dimensiones y resistividades.

La región de colector combinada 14 puede comprender,

15 además de la capa de colector de sustrato 20, al menos dos capas de colector superpuestas 22 y 24, de diferentes resistividades, respectivamente, formadas de preferencia por sucesivas deposiciones epitaxiales, sobre la capa de colector de sustrato 20. Por ejemplo, la capa de colector 22 puede

20 tener un espesor de 0,17 milímetros y una resistividad comprendida entre 1,5 y 3 ohm-cm. y la capa de colector 24 puede tener un espesor de aproximadamente 0,17 milímetros y una resistividad comprendida entre 9 y 15 ohm-cm. Aunque solamente las tres capas 20, 22 y 24 se han representado aquí

25 comprendiendo la región de colector 14, cae dentro del alcance de la invención proporcionar una pluralidad de capas de colector para la región de colector combinada 14, en la que cuanto más lejos esté cada capa de colector de la región de base 16, tanto más baja es su respectiva resistividad. La

30 resistividad de cada capa de colector puede variar también



ligeramente dentro de cada capa.

5 Aunque se ha indicado aquí que las capas de colector 22 y 24 son capas epitaxiales formadas por separado, siendo tal método de fabricación el preferido, cae dentro del alcance de la invención sustituir las capas 22 y 24 por una sola capa depositada epitaxialmente que tenga un espesor y una resistividad escalonada similares a los de las capas combinadas 22 y 24. Tal resistividad escalonada en una sola capa de colector puede obtenerse controlando la concentración del activador, tal como pentóxido de fósforo, durante la deposición epitaxial de la capa sobre la capa de colector de sustrato 20.

10 La región de base 16 puede formarse fácilmente en la capa de colector 24 difundiendo un activador de tipo P en la capa 24 hasta una profundidad de aproximadamente 0,05 milímetros por medios cualesquiera bien conocidos en la técnica de los transistores. La unión de la región de base 16 y la capa de colector 24 forman una unión rectificadora PN 26.

20 Se difunde un activador de tipo N en una parte de la región de base 16 hasta una profundidad en aproximadamente 0,025 milímetros por medios cualesquiera conocidos en la técnica, para dar la región de emisor 18. La región de emisor 18. La región de emisor 18 está muy activada por un activador de tipo N y se designa por el símbolo N+ en el dibujo. La región de emisor puede formarse también por un proceso de aleación bien conocido en la técnica.

25 La resistividad de la capa de colector 24 controla la tensión de perforación de avalancha de la unión de colector-base 26 del transistor, y, por tanto, determina las ca-

30

27 AGO



5 racterísticas de tensión de perforación del transistor. El  
espesor de la capa de colector 24 determina el ensanchamien-  
to de carga espacial admisible que, si se impide, reduciría  
la perforación de tensión. El espesor de la capa de colec-  
tor 24 determina también la parte más grande de la resisten-  
cia en serie del colector del transistor, una función de la  
capacidad de conducción de corriente del transistor 10.  
Para cualquier aplicación particular del transistor 10, la  
resistividad y el espesor de la capa de colector 24 deben pro-  
10 porcionar la máxima característica de perforación de tensión  
commensurada con un mínimo de resistencia en serie del co-  
lector.

15 La resistividad de la capa de colector 22 es una  
función de la máxima tensión de corriente antes de que se  
produzca una segunda perforación de polarización inversa del  
transistor. El espesor de la capa de colector 22 es una fun-  
ción del ensanchamiento admisible de la capa de carga es-  
pacial del colector. Por tanto, la resistividad y el espesor  
de la capa de colector 22 determinan la magnitud de protec-  
20 ción contra la segunda perforación de polarización inversa  
de que es capaz el transistor 10. El producto de resistivi-  
dad-espesor debe mantenerse pequeño para conservar baja la  
resistencia de saturación y mejorar con ello la capacidad  
de conducción de corriente del transistor 10. Sin embargo,  
25 la resistividad de la capa de colector 22 debe ser bastante  
grande para impedir que limite las características de ten-  
sión del transistor.

30 En el funcionamiento, la capa de colector 22 de la  
región de colector 14 retarda la extensión de la capa de  
carga espacial del colector para impedir que entre en con-

27 AGO



tacto con la capa de sustrato muy activada 20 en la zona en que están circulando corrientes de gran densidad. La capa de colector 24 de la región de colector 14 proporciona un espesor necesario para soportar al menos la mitad de una capa de carga espacial a una tensión de perforación teórica para una resistividad dada. Empleando tres capas de colector 20, 22 y 24, cuyas resistividades aumentan de manera sustancialmente escalonada, respectivamente, hacia la región de base 16, la capa de colector 22 funciona como amortiguador distinto en una zona en que aparecen grandes densidades de corriente y reduce con ello la posibilidad de una segunda perforación.

En los transistores mejorados del tipo para alta tensión, de acuerdo con una realización de la presente invención, la capa de colector de sustrato 20 puede tener un espesor entre 0,125 y 0,17 milímetros y una resistividad de menos de 0,01 ohm-cm; la capa de colector 22 puede tener un espesor de 0,04 y una resistividad comprendida entre 2,5 y 4,0 ohm-cm.; y la capa de colector 24 puede tener un espesor de 0,05 milímetros y una resistividad comprendida entre 20 y 40 ohm-cm. La base del transistor se difunde en la capa de colector 24 hasta una profundidad de 0,017 milímetros y el emisor se difunde en una parte de la región de base 18 hasta una profundidad de aproximadamente 0,0075 milímetros.

En general, las especificaciones de la región de colector 14 del transistor 10 pueden variar del modo siguiente: El espesor de la capa del colector de sustrato 20 puede variar entre 0,075 y 0,25 milímetros, y tener una resistividad de menos de 0,01 ohm-cm. El espesor de la capa de colector 22 puede variar entre 0,0125 y 0,05 milímetros y tener una resistividad comprendida entre 0,3 y 5 ohm-cm.; y la capa 24 puede

27 AGO



tener un espesor comprendido entre 0,0125 y 0,075 milímetros y una resistividad comprendida entre 1,0 y 80 ohm-cm.

5 De la descripción precedente se desprende que se ha creado un transistor mejorado que emplea una región de colector cuya resistividad disminuye en esencia escalonadamente en la dirección que se aleja de su región de base. El transistor mejorado proporciona una resistencia de saturación relativamente baja y una capacidad de energía de segunda perforación de polarización inversa relativamente alta. Aunque solo se ha descrito en detalle un ejemplo del 'transistor mejorado', se ofrecerán fácilmente por sí mismas, sin duda, a los versados en la técnica variaciones en su estructura, así como en los métodos de fabricarlo, cayendo todas dentro del espíritu de esta invención. Por tanto, se desea que la descripción precedente se considere como ilustrativa y no en un sentido de limitación.

10 La presente solicitud que corresponde a la presentada en Estados Unidos de América con fecha 19 de Julio de 1.965, bajo el número 472.796 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:

25 1ª.- Un dispositivo transistor que tiene una región de emisor de un tipo de conductividad y una región de base de un tipo de conductividad opuesto, caracterizado por la mejora de que dicho dispositivo comprende: una región de colec-

27 AGO



tor de dicho primer tipo de conductividad junto a dicha región de base y que tiene una resistividad de al menos tres valores individuales que disminuyen de una manera escalonada en la dirección que se aleja de dicha región de base.

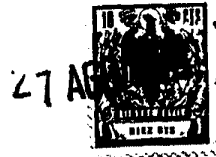
5                   2º.- Un dispositivo transistor según la reivindicación 1, caracterizada además por la mejora de que dicha resistividad disminuye de un valor predeterminado a un valor de menos de una centésima de dicho valor predeterminado en dichas, al menos tres etapas sustancialmente individuales en la dirección  
10                   cación que se aleja de dicha región de base.

                  3º.- Un dispositivo transistor según la reivindicación 1, caracterizado además todavía porque dicha región de colector comprende al menos tres capas que tienen resistividades que disminuyen en la dirección que se aleja de dicha región  
15                   de base, respectivamente.

                  4º.- Un dispositivo transistor según la reivindicación 1, caracterizado además porque una de dichas tres capas junto a dicha región de base tiene una resistividad que es mayor que la de las otras dos de dichas tres capas.

20                   5º.- Un dispositivo transistor según la reivindicación 1, caracterizado además porque dicha región de colector comprende al menos dos capas, estando una de dichas capas junto a dicha región de base y teniendo una resistividad que disminuye escalonadamente en una dirección que se aleja de dicha  
25                   región de base y estando dicha otra de dichas capas alejada de dicha región de base y teniendo una resistividad de menos de una centésima de la de dicha primera capa.

                  6º.- Un dispositivo transistor según la reivindicación 1, caracterizado además por incluir una capa de colector en  
30                   calidad de sustrato de material semiconductor degenerado de



de dicho primer tipo de conductividad.

5                   7º.- Un dispositivo semiconductor caracterizado por comprender: una capa de colector en calidad de sustrato de material semiconductor degenerado de un tipo de conductividad, una primera capa epitaxial de dicho primer tipo de conducti-  
10                   vidad sobre dicha capa de colector de sustrato, una segunda capa epitaxial de dicho primer tipo de conductividad sobre dicha primera capa, una primera región de un tipo de conduc-  
15                   tividad opuesto difundida en dicha segunda capa y una segun- da región de dicho primer tipo de conductividad difundida en  
20                   dicha primera región, teniendo dicha capa de colector de sustrato, dicha primera capa epitaxial y dicha segunda capa epitaxial resistividades que aumentan de manera escalonada, respectivamente en el orden citado.

15                   8º.- Un dispositivo semiconductor según la reivindi- cación 7, caracterizado además porque dichas capas primera y  
20                   segunda son capas de colector.

20                   9º.- Un dispositivo semiconductor según la reivindi- cación 7, caracterizado además todavía porque dicha capa de  
25                   colector en calidad de sustrato tiene una resistividad que es menor que una centésima de la de dicha primera capa.

10º.- Un dispositivo transistor

25                   Tal y como se ha descrito en la Memoria que antecede representado en el dibujo que se acompaña y para los fines que se han especificado.

27 A



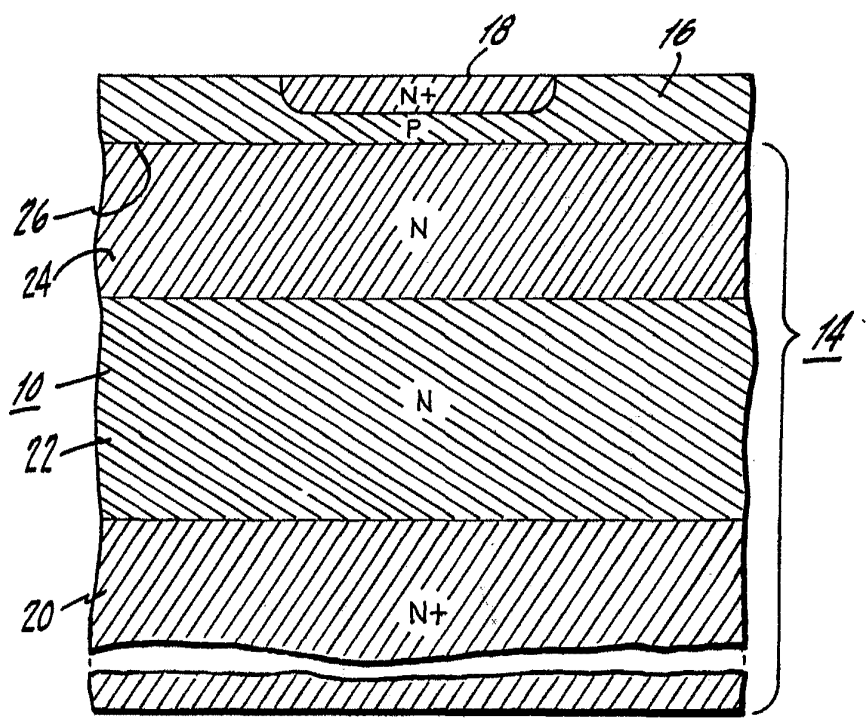
La presente Memoria consta de doce hojas escritas  
a máquina por una sola de sus caras.

27 AGO 1930

Madrid,

P.A.

Alberto de Ezaburu  
Por Poder



*Handwritten signature or initials.*