

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA

Registro de la Propiedad Industrial



ESPAÑA

Concedido el Registro de acuerdo con los datos que figuran en la presente descripción y según el contenido de la Memoria adjunta.

10	ES	11	NUMERO	10	A1
		21	476.907		
		22	FECHA DE PRESENTACION		
			16-1-1979		

PATENTE DE INVENCION

30	PRIORIDADES:	32	FECHA	33	PAIS
	31	NUMERO			
		78/00582	18-1-1978		Holanda
		78/07835	24-7-1978		"

47	FECHA DE PUBLICIDAD	51	CLASIFICACION INTERNACIONAL	52	PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
			H01L		

54	TITULO DE LA INVENCION
	"UN DISPOSITIVO SEMICONDUCTOR PERFECCIONADO"

71	SOLICITANTE (S)
	N.V. PHILIPS'GLOEILAMPENFABRIEKEN (PHN 9018 Spain HK/MdV)

DOMICILIO DEL SOLICITANTE
29-Emmasingel, Eindhoven, Holanda

72	INVENTOR (ES)
	Johannes Arnoldus APPELS, Marnix Guillaume COLLET, Paul Anton Herman HART y Johannes Fransiscus, Cornelis, Maria VERHOEVEN

73	TITULAR (ES)

74	REPRESENTANTE
	DON ALBERTO DE ELZABURU MARQUEZ (P.-70.812)

Jga

La presente invención se refiere a un dispositivo semiconductor que tiene un cuerpo semiconductor que comprende por lo menos un elemento de circuito semiconductor bipolar de alta tensión, comprendiendo dicho elemento de circuito bipolar una primera región, de forma de islote, de un primer tipo de conductividad y contigua a una superficie substancialmente plana, formando dicha primera región, con una segunda región subyacente del segundo tipo de conductividad, una primera unión PN que se extiende substancialmente paralela a la superficie, estando la primera región lateralmente delimitada, al menos en parte, por una segunda unión PN con una zona de agotamiento o empobrecimiento asociada, formada entre la primera región y una tercera región del segundo tipo de conductividad que se extiende entre la segunda región y la superficie, teniendo dicha segunda unión PN una menor tensión de ruptura que la primera unión PN, previniéndose una región de contacto contigua a la superficie y a la primera región, estando dicha región de contacto delimitada, al menos lateralmente, por la primera región.

Un dispositivo semiconductor como el arriba descrito se describe en la Memoria de patente británica nº 1.098.760.

En los elementos de circuito semiconductores, bipolares y planos del tipo usual, una unión PN está formada por una parte de forma de islote (la primera región) de una capa situada sobre un substrato (la segunda región) del tipo de conductividad contrario. Dicha primera región puede ser, por ejemplo, la zona de base de un transistor bipolar. La unión PN entre el islote y el substrato, que se extiende paralela a la superficie, constituye la primera unión PN

30

03029

arriba citada, en tanto que la segunda unión PN está formada entre el islote y, por ejemplo, una zona de aislamiento difundida, de dicho tipo de conductividad contrario, que delimita lateralmente el islote.

5 En muchos casos, la tensión de ruptura que es posible alcanzar en estos dispositivos entre las regiones primera y segunda es insuficiente. Esto es así porque, mucho antes de alcanzarse la tensión de ruptura que cabe esperar teóricamente de la primera unión PN basándose en el perfil
10 de impurificación, se produce ya la ruptura en la superficie junto a la segunda unión PN, a consecuencia de la desfavorable distribución de campo que allí reina debido a los elevados gradientes y concentraciones de impurificación, y debido también a la presencia de estados de superficie en la
15 curvatura próxima al borde de la unión PN.

Se ha tratado de mejorar esto practicando para ello, por ataque químico y en la superficie del semiconductor, unas ranuras que se extienden bajando hasta la segunda región y sustituyen a las zonas de aislamiento difundidas.
20 Como resultado de esto, los efectos de borde descritos se evitan por lo menos en parte, puesto que la unión PN restante se extiende ahora enteramente paralela a la superficie y termina en la ranura.

Sin embargo, este método tiene dos importantes
25 desventajas. En primer lugar, la superficie deja de ser plana, de modo que, al realizar la metalización, aparecen problemas en relación con las ranuras y surge la posibilidad de fractura en el diseño de distribución de la metalización. En segundo lugar, el ángulo según el cual la unión PN (normalmente formada entre una región de impurificación superior
30

y una región de impurificación inferior) corta la pared de la ranura es generalmente desfavorable (un ángulo agudo en la región más fuertemente impurificada).

5 Con el fin de mitigar esto, suele recurrirse a pasivar la pared de la ranura, con una capa de vidrio en la que se han dispuesto unas cargas eléctricas (usualmente negativas). Como consecuencia de esto, es posible corregir la desfavorable distribución de campo en la superficie. Ahora bien, a temperaturas superiores, como las que a veces
10 pueden aparecer en la condición de trabajo en transistores de alta tensión, dichos tipos de vidrio pueden perder su carga eléctrica y hacerse inactivos o inoperantes.

15 En la Memoria de la patente británica nº 1.098.760 antes citada se describe un transistor bipolar en cuya región de base hay dispuesta una zona de impurificación superior contigua a la zona de emisor, extendiéndose la capa de empobrecimiento o agotamiento de la unión de colector-base en dirección transversal a la superficie, hasta llegar a dicha zona de gran impurificación, o fuertemente impurificada.
20

Uno de los objetos de la presente invención es el de realizar un dispositivo semiconductor dotado de un elemento de circuito semiconductor bipolar de alta tensión (por ejemplo, un transistor), en el que la tensión de ruptura de la unión de colector-base no es reducida por la distribución de campo en la superficie, y en el que la superficie del semiconductor puede seguir siendo enteramente plana.
25

Otro objeto de la invención reside en un dispositivo semiconductor dotado de un elemento de circuito semiconductor bipolar de alta tensión, en el que no se necesita
30

usar unos medios pasivadores complicados.

Otro objeto más de la invención reside en un transistor bipolar de alta tensión que está aislado a partir del substrato y tiene un valor muy alto de tensión de ruptura de colector-base, para uso en circuitos integrados monolíticos.

Con arreglo a la presente invención, un dispositivo del género citado en el preámbulo se caracteriza por el hecho de que la concentración de impurificación y el grosor de la primera región son tan pequeños que, al aplicarse una tensión en sentido inverso entre la primera y la segunda regiones, la zona de empobrecimiento o agotamiento, por lo menos entre la región de contacto y la tercera región, se extiende subiendo desde la primera unión PN hasta la superficie a una tensión o voltaje, entre dichas regiones primera y segunda, menor que la tensión de ruptura de la segunda unión PN.

Puesto que la primera región del primer tipo de conductividad se halla ya totalmente empobrecida a una tensión menor que la de ruptura de la segunda unión PN entre la primera y la tercera regiones, la tensión de ruptura no viene ya determinada por dicha segunda unión, sino principalmente por la primera unión PN que se extiende paralelamente a la superficie. Cuando se aplica una tensión en el sentido inverso entre la segunda región y la región de contacto, tras el total empobrecimiento de la primera región, substancialmente toda la tensión inversa queda entre dicha región de contacto y el límite o lindero de la zona de empobrecimiento de la segunda región (que, si así conviene, puede estar también totalmente empobrecida o agotada antes de que

se produzca la ruptura).

Además de la elevada tensión de ruptura así obtenida, que en ciertas circunstancias puede aproximarse a la tensión de ruptura teóricamente más alta, un importante aspecto de la invención reside también en que en la superficie, debido al estado totalmente empobrecido de la primera región, no se producirán, o apenas, problemas de pasivación. Se ha hecho superfluo, por tanto, trabajar con tipos de vidrio inestables difíciles de componer, y en algunos casos puede omitirse por entero la capa de pasivación.

Con el fin de obtener el máximo provecho de las ventajas de la invención, la distancia desde el borde de la región de contacto a la segunda unión PN no ha de ser demasiado pequeña, para impedir que en la superficie, entre la región de contacto y la segunda unión PN, se produzca una intensidad de campo demasiado elevada prematuramente. Por consiguiente, la distancia, tomada a lo largo de la superficie, desde la región de contacto a la segunda unión PN, será de preferencia mayor que la distancia en que la zona de empobrecimiento o agotamiento asociada a la segunda unión PN se extiende a lo largo de la superficie, a la tensión de ruptura de dicha segunda unión PN. Aun cuando en todos los casos se obtiene una considerable reducción de la intensidad de campo de superficie mediante dicha condición de empobrecimiento, se ha visto que es posible lograr una optimización adicional de la tensión de ruptura cuando los máximos de la intensidad de campo que se producen en la segunda unión PN y en el borde de dicha región de contacto son también, aproximadamente, del mismo valor. Como se explicará con mayor detalle más adelante con referencia a los dibujos, una for-

30

03029

ma preferida de realización del invento, por lo tanto, se caracteriza por el hecho de que la concentración N de impurificación, en átomos por centímetro cúbico, y el grosor d , en centímetros, de la primera región, satisfacen la condición

$$2,6 \cdot 10^2 \xi E \sqrt{(V_B/L)} \leq N \cdot d \leq 5,1 \cdot 10^5 \xi E,$$

en la que ξ es la constante dieléctrica y E la intensidad de campo crítica en voltios/cm para la cual aparece la multiplicación de avalancha en el material semiconductor de la primera región, L es la distancia en centímetros desde dicha región de contacto hasta la segunda unión PN, y V_B es el valor unidimensionalmente calculado de la tensión de ruptura, en voltios, de la primera unión PN. Cuando en este caso las condiciones, además, se eligen de modo que $N \cdot d$ sea sustancialmente igual a $3,0 \cdot 10^5 \xi E$ y que L sea igual o mayor que $1,4 \cdot 10^{-5} V_B$, se tiene la seguridad de que la máxima intensidad de campo en la primera unión PN será siempre mayor que en los máximos antes citados, que aparecen en la superficie, de modo que la ruptura se produzca siempre en la primera unión PN y no en la superficie.

Para poder almacenar la mayor parte de la carga en la región de empobrecimiento de la segunda región, reduciéndose así el mínimo espesor de la primera región, se prefiere a menudo que la segunda región, por lo menos en la parte adyacente a la primera región, tenga menor concentración de impurificación que la primera región.

Aun cuando en muchos casos la zona de empobrecimiento de la primera unión PN puede extenderse sin perjuicio alguno por todo el grosor de la segunda región, en otros casos se asegura, de preferencia, que la segunda región tenga un grosor tal que, a la tensión de ruptura de la primera

unión PN, la zona de empobrecimiento o agotamiento se extiende, en la segunda región, en una distancia menor que el grosor de dicha región. En ese caso, se tiene la seguridad de que la tensión de ruptura no puede sufrir influencia adversa por efecto del grosor de la segunda región.

Aun cuando la estructura de semiconductor descrita puede formarse también de manera diferente, se prefiere, por razones tecnológicas entre otras, la forma de construcción en la cual la primera región está formada por una capa epitáxica del primer tipo de conductividad, dispuesta sobre la segunda región. La tercera región, contigua a la primera región, no necesita extenderse por todo el espesor de la primera región. Es suficiente con que, por lo menos en la condición de trabajo, la zona de empobrecimiento asociada se extienda por todo el espesor de la primera región y delimite la primera región, de forma de islote, en por lo menos parte de su circunferencia. Ahora bien, de preferencia, la primera región está lateralmente delimitada, por entero, por la segunda unión PN, si bien a veces se preferirán otras estructuras en las cuales la primera región esté delimitada lateralmente, por ejemplo, en una parte por la segunda unión PN y, en la parte restante, de manera diferente, por ejemplo, por un material aislante dispuesto en entrante o por una ranura rellena, por ejemplo, de vidrio pasivante. El elemento semiconductor bipolar de alta tensión puede ser, por ejemplo, un diodo. Dicha región de contacto puede ser un electrodo o una zona de electrodo que se halle directamente en conexión con la fuente de dicha tensión inversa pero, como alternativa, puede ser, por ejemplo, una zona de semiconductor que de por sí no esté provista de conductor de conexión

sino puesta al potencial deseado de una manera diferente:
por ejemplo, por medio de una zona de semiconductor contigua

Con arreglo a una importante forma de ejecución del presente invento, dicha primera región de forma de islote constituye una de las zonas de colector y base de un transistor bipolar de alta tensión, siendo dicha región de contacto una cuarta región de semiconductor, del primer tipo de conductividad, que tiene una mayor concentración de impurificación que la primera región y que está rodeada, al menos lateralmente, por la primera región. En esta forma de ejecución, la cuarta región puede extenderse por sólo una parte del espesor de la primera región, pero también puede hacerlo bajando desde la superficie hasta la segunda región. Para algunas aplicaciones, esto tiene ventajas, como se desprenderá de los ejemplos.

En muchas aplicaciones, la invención se usa para obtener un transistor de alta tensión que, o bien sea en sí un componente discreto, o bien forme parte de un elemento de circuito semiconductor más complicado. Por lo tanto, con arreglo a una importante forma preferida de ejecución del invento, en la cuarta región hay dispuesta una zona de emisor, contigua a superficie, del segundo tipo de conductividad y que está además completamente rodeada por la cuarta región, constituyendo la primera región y la cuarta región, conjuntamente, la zona de base, y constituyendo la segunda región la zona de colector, del transistor. Con arreglo a una forma preferida adicional de la presente invención, la primera región forma parte de una primera capa epitáxica del primer tipo de conductividad, y va separada de la parte restante de la primera capa epitáxica por la tercera región; y

y la segunda región es una parte, de forma de islote, de una segunda capa epitáxica del segundo tipo de conductividad, dispuesta sobre un substrato del primer tipo de conductividad, cuya parte de forma de islote está separada de la parte restante de la segunda capa epitáxica por una zona de aislamiento del primer tipo de conductividad, no contigua a las regiones primera y tercera y que se extiende desde la primera capa epitáxica bajando hasta el substrato. Esta estructura es de importancia, puesto que puede integrarse fácilmente.

El transistor puede formar parte de un elemento de circuito semiconductor más complicado. Una forma importante de ejecución preferida se caracteriza porque la segunda región se halla junto a una región adicional subyacente del primer tipo de conductividad, cuya región adicional en unión de la segunda región, la primera región, la cuarta región y la zona del segundo tipo de conductividad en ella dispuesta, constituyen un tiristor. Dicha región adicional, ventajosamente, estará conectada a la superficie por una zona fuertemente impurificada del primer tipo de conductividad, no contigua a la primera región ni a la tercera.

Una forma particularmente ventajosa de realización de estas construcciones de tiristor, en la que el principio de la invención se usa en dos lados, es la caracterizada porque la segunda región es una capa de semiconductor del segundo tipo de conductividad en la que la combinación de dichas regiones primera, tercera y cuarta está dispuesta en ambos lados, habiendo una zona de superficie del segundo tipo de conductividad incrustada en por lo menos uno de los lados de la cuarta región.

Una forma preferida de ejecución, completamente distinta, de un transistor bipolar conforme al presente invento es la caracterizada porque en la primera región hay dispuesta una zona de base del segundo tipo de conductividad y, en ella, una zona de emisor del primer tipo de conductividad, constituyendo las regiones primera y cuarta, conjuntamente, la zona de colector del transistor. En esta forma de ejecución, la zona de base puede estar contigua a y confundirse con la tercera región. Esta estructura de transistor "semilateral" resulta también excelentemente adecuada para uso en circuitos integrados monolíticos.

La invención se describirá ahora con mayor detalle, haciendo referencia a cierto número de ejemplos y a los dibujos adjuntos, en los cuales:

- la figura 1 es una vista esquemática en sección recta de un dispositivo semiconductor conforme a la invención;

- la figura 2 es una vista esquemática en sección recta de una forma modificada de ejecución del dispositivo de la fig. 1;

- la figura 3 ilustra una forma del dispositivo de la fig. 1 que puede ser fácilmente integrado;

- la figura 4 es una vista esquemática en sección recta de otra forma de ejecución del dispositivo conforme al presente invento;

- la figura 5 es una vista esquemática en sección recta de una forma modificada de ejecución del dispositivo de la fig. 4;

- la figura 6 es una vista esquemática en sección recta de otra forma más de ejecución del dispositivo confor-

me al presente invento;

- la figura 7 es una vista esquemática en sección recta de una forma modificada del dispositivo de la fig. 6;

5 - las figuras 8 y 9 son unas vistas esquemáticas en sección recta de unos dispositivos conforme a la invención; con distinto aislamiento de islotes;

- la figura 10 es una vista en planta de otra forma de ejecución del invento;

10 - la figura 11 es una vista esquemática en sección recta del dispositivo de la fig. 10, tomada por la línea XI-XI;

- las figuras 12A a 12E ilustran la distribución de campo para distintas dimensiones e impurificaciones; y

15 - la figura 13 ilustra, para una forma de ejecución preferida, la relación existente entre la impurificación y las dimensiones de la primera región, de forma de islote.

20 Para mayor claridad, las figuras son esquemáticas y no están dibujadas a escala. Las partes que en ellas se corresponden están designadas, en general, con los mismos números de referencia. En las vistas en sección recta, las regiones de semiconductor del mismo tipo de conductividad están rayadas, en general, en el mismo sentido.

25 La fig. 1 es una vista esquemática en sección recta de un dispositivo semiconductor conforme a la invención. El dispositivo de este ejemplo es simétrico respecto a un eje M-M'. Comprende un cuerpo 11 de semiconductor, en este ejemplo de silicio, aun cuando, naturalmente, pueden usarse también otros materiales semiconductores. El cuerpo semiconductor 11 comprende o constituye un elemento de circuito

30

03029

bipolar de semiconductor de alta tensión, en este ejemplo un transistor, que tiene sucesivamente una zona de emisor, una zona de base y una zona de colector, de tipos de conductividad alternos: en este ejemplo, una zona de emisor de tipo N, una zona de base de tipo P y una zona de colector de tipo N. Una de las zonas de colector y de base (en este ejemplo, la zona de base) comprende una primera región 1 de forma de islote de un primer tipo de conductividad, en este caso la conductividad tipo P, que está contigua a una superficie 8 substancialmente plana y que forma, con una segunda región 2 subyacente del segundo tipo de conductividad, en este caso del tipo N, una primera unión PN, indicada con el número 5, que se extiende substancialmente paralela a la superficie 8. La primera región 1 está lateralmente delimitada, al menos en parte, y en este ejemplo enteramente, por una segunda unión PN, indicada con el número 6, formada entre la primera región 1 y una tercera región 3 del segundo tipo de conductividad (el N), de una mayor concentración de impurificación que la segunda región 2 y que se extiende entre la segunda región 2 y la superficie 8. La unión PN 6 tiene menor tensión de ruptura que la primera unión PN, 5, puesto que la impurificación de la región 3 es mayor que la de la región 2. Además, hay una región de contacto, que en este ejemplo es una cuarta región 4 del primer tipo de conductividad (el P) y de mayor impurificación que la primera región 1, junto a la cual se halla, y en unión de la región 1 constituye la zona de base. En la cuarta región 4 hay dispuesta una zona de emisor 7 de tipo N, contigua a la superficie, que está además completamente rodeada por la región 4. En el lado inferior se prevé una capa 12 de tipo

N fuertemente impurificada, en la cual una capa metálica 13 constituye un contacto óhmico de colector. En la superficie 8 hay también presente una capa 16 eléctricamente aislante (en este ejemplo, de silicio) y, por medio de unas ventanillas practicadas en ella, las zonas 4 y 7 se hallan en contacto con unas capas metálicas 14 y 15.

La estructura de transistor hasta aquí descrita tendría normalmente una tensión de ruptura de colector-base considerablemente inferior a la tensión de ruptura que teóricamente cabría esperar, basándose en la impurificación de las diversas regiones de semiconductor, y la ruptura se produciría en la superficie. Esto está ocasionado, entre otras cosas, por los estados de superficie y por la elevada impurificación de la región 3. Todo esto da lugar a una distribución de campo, a lo largo de la superficie 8, en la que la máxima intensidad de campo aparece cerca del lugar en que la unión PN 6 corta a la superficie, de modo que la ruptura se produce en la superficie.

Con arreglo a la invención, la concentración de impurificación y el grosor de la primera región 1 son tan pequeños que, al aplicarse una tensión en el sentido inverso entre la primera región 1 y la segunda región 2, la zona de empobrecimiento, por lo menos entre la región de contacto 4 y la tercera región 3, se extiende subiendo desde la primera unión PN 5 hasta la superficie 8, a una tensión o voltaje, entre la primera región 1 y la segunda región 2, inferior a la tensión de ruptura de la segunda unión PN 6. Los límites 9 y 10 de la zona de empobrecimiento, en estas condiciones, están representados con líneas de trazo interrumpido en la fig. 1. La tensión de ruptura ya no viene

determinada en primer término por la unión PN 6, sino principalmente por la unión PN 5 que, como resultado de la impurificación relativamente baja, tanto de la región 1 como de la región 2, tiene una tensión de ruptura mucho más alta, debido a la distribución de campo, más favorable, en la superficie.

El dispositivo representado en la fig. 1 puede fabricarse, por ejemplo, del siguiente modo: El material de partida es un substrato 12 de silicio del tipo N, fuertemente impurificado, de una resistividad de, por ejemplo, 0,001 ohmios·cm. Sobre dicho substrato se deposita, empleando métodos usuales, una capa epitáxica 2 de tipo N, de un espesor de aproximadamente 40 micras y una resistividad de 50 ohmios·cm (impurificación de 10^{14} átomos/cm³). Sobre dicha capa se deposita epitáxicamente una capa 1 de tipo P, de un grosor de 10 micras y una resistividad de aproximadamente 25 ohm·cm (impurificación de $5,5 \cdot 10^{14}$ átomos por centímetro cúbico). A continuación se dispone la zona de aislamiento 3 por medio de una difusión profunda de tipo N (por ejemplo, de fósforo), después de lo cual se dispone una capa de óxido 16 y, por medio de unas ventanillas practicadas en dicha capa de óxido, empleando métodos usuales de difusión y/o implantación, se dispone una zona 4 de tipo P fuertemente impurificada, de un grosor de 5,5 micras, y en ella una zona de emisor 7 de tipo N, fuertemente impurificada, de un espesor de 3 micras. A continuación se habilitan, en las regiones 12, 4 y 7, unos contactos en forma de capas metálicas 13, 14 y 15. Se obtiene entonces el transistor representado en la fig. 1. Como resultado de la impurificación y del grosor elegidos para las capas 1 y 2, la región 1 de

forma de islote, que está rodeada de la zona 3, se empobrece por entero, desde la unión PN 5 hasta la superficie 8, ya a una tensión de 250 voltios aplicada en el sentido inverso a la unión 5 de colector-base. Cuando se siga aumentando la tensión de colector-base, la zona de empobrecimiento o agotamiento se extenderá penetrando en la región 2 hasta que, finalmente, a una tensión de aproximadamente 800 voltios, se produce la ruptura.

La distancia L desde la "cuarta región" o región de contacto 4 hasta el borde de la primera región 1, es decir, hasta la unión PN 6, a lo largo de la superficie (véase la fig. 1), es, en este ejemplo, de 73 micras. Esta distancia es mayor que la distancia (aproximadamente de 30 micras) en que la zona de empobrecimiento de la segunda unión PN 6, teniendo en cuenta la concentración de impurificación de las regiones 1 y 3, se extendería en dirección lateral, para la tensión de ruptura de dicha unión 6, de no existir la unión PN 5, tensión de ruptura que es aproximadamente de 370 voltios. La zona de empobrecimiento que, al aumentar la tensión de colector-base, se extendería así desde la unión PN 6 lateralmente hasta la región 1, no llega a la región 4 hasta que la zona de empobrecimiento que sube extendiéndose a partir de la unión PN 5 ha alcanzado la superficie 8. Como resultado de esto, se evitan elevadas intensidades de campo en la superficie, y la ruptura viene determinada, substancialmente por entero, por las propiedades de la primera unión PN 5.

En este ejemplo, la tensión de ruptura V_B unidimensionalmente calculada es la del diodo $P^+PN(4, 1, 2)$, en el que la región entre 4 y 2 está totalmente empobrecida

30

03029

y tiene un grosor de 4,5 micras. Esta tensión de ruptura se calcula con arreglo a la ecuación

$$V_B = E \cdot d_1 - (qN_1 d_1^2 / 2\epsilon_0 \epsilon) + \frac{1}{2} E^2 (\epsilon_0 \epsilon / qN_2),$$

5 en la que ϵ y E tienen los significados antes mencionados, d_1 y N_1 son, respectivamente, el grosor (en centímetros) y la concentración de impurificación (en átomos/cm³) de la región 1 entre las regiones 2 y 4, ϵ_0 es la permitividad o constante dieléctrica (en faradios/cm) del espacio libre, q es la carga electrónica en culombios y N_2 la concentración de impurificación (en átomos/cm³) de la región 2. En este caso, V_B resulta ser igual a 2126 voltios. Por consiguiente, el dispositivo de este ejemplo satisface la condición anteriormente citada:

$$15 \quad 2,6 \cdot 10^2 \epsilon E \sqrt{V_B/L} \leq N \cdot d \leq 5,1 \cdot 10^5 \epsilon E,$$

siendo $\epsilon = 11,7$ y $E = 2,5 \cdot 10^5$ V/cm en el silicio; $L = 7,3 \cdot 10^{-3}$ cm; $N = 5,5 \cdot 10^{14}$ cm⁻³ y $d = 10^{-3}$ cm, puesto que sale

$$20 \quad \begin{aligned} 2,6 \cdot 10^2 \epsilon E \sqrt{V_B/L} &= 4,1 \cdot 10^{11}, \\ N \cdot d &= 5,5 \cdot 10^{11} \text{ y} \\ 5,1 \cdot 10^5 \epsilon E &= 1,49 \cdot 10^{12}. \end{aligned}$$

La fig. 2 es una vista esquemática en sección recta de una forma modificada o variante de ejecución del transistor representado en la fig. 1. Con arreglo a esta variante, la cuarta región 4 se extiende hasta llegar y penetrar en una pequeña parte en la segunda región 2, mientras lateralmente está rodeada, como en la fig. 1, por la primera región 1. Por lo demás, las dimensiones y las impurificaciones pueden ser iguales a las de la fig. 1. En cier

tas circunstancias, esta forma de ejecución puede aprovecharse ventajosamente, por ejemplo, para influir favorablemente en el comportamiento en frecuencias, especialmente para elevadas densidades de corriente. Ahora bien, todo esto se hace a expensas, ligeramente, de la tensión de ruptura de colector-base.

En los ejemplos de las figs. 1 y 2, la capa 2 tiene un grosor tal que, al producirse la ruptura, la zona de empobrecimiento todavía no se extiende por todo el espesor de la capa 2. Sin embargo, esto no tiene por qué ser así necesariamente, y, siempre que el grosor de la capa 2 sea lo bastante grande para lograr la tensión de ruptura deseada, la zona de empobrecimiento puede extenderse hasta la región 12, ya antes de alcanzarse dicha tensión de ruptura.

La fig. 3 es una vista esquemática en sección recta de una forma fácilmente integrable del transistor representado en la fig. 1. La primera región 1 forma parte de una primera capa epitáxica del primer tipo de conductividad, y está separada de la parte restante de dicha primera capa epitáxica por la tercera región 3. La segunda región 2 es una parte, en forma de islote, de una segunda capa epitáxica del segundo tipo de conductividad, dispuesta sobre un substrato 20 del primer tipo de conductividad. La región 2 está separada de la parte restante de la segunda capa epitáxica por una zona aislante 21 del primer tipo de conductividad, no contigua a la primera región 1 ni a la tercera región 3, y se extiende bajando desde la primera capa epitáxica hasta el substrato 20. Con el fin de reducir la resistencia de colector, se prevé una capa sepultada 22 del

segundo tipo de conductividad. El contacto 23 de colector de esta forma de ejecución está situado sobre la superficie 8 de la zona 3. En este caso, también se mantiene el principio de que la región 1 debe empobrecerse por completo desde la unión PN 5 hasta la región 4, antes de que se produzca la ruptura de la unión PN 6.

La fig. 4 es una vista esquemática en sección recta de otra forma de ejecución del dispositivo conforme al presente invento. La segunda región 2 del segundo tipo de conductividad está junto a otra región 30 subyacente del primer tipo de conductividad que, en unión de la segunda región 2, poco impurificada, del segundo tipo de conductividad, la primera región 1 poco impurificada del primer tipo de conductividad, la cuarta región 4 muy impurificada del primer tipo de conductividad y la zona 7 del segundo tipo de conductividad, en ella dispuesta, constituye o forma un tiristor. En este ejemplo, se toma como primer tipo de conductividad el tipo P, y como segundo tipo de conductividad el N. En la región 30 se prevé un contacto de ánodo 31; en la zona 7 se dispone un contacto de cátodo 32 y en la zona 4 se prevé un electrodo de control 33. (Los tipos de conductividad pueden invertirse, como variante, y en este caso el contacto 31 sería el de cátodo y el 32 sería el de ánodo). En este caso, también, la impurificación y el grosor de la primera región 1 se eligen tales que, al aplicarse una tensión inversa a las uniones PN 5 y 6, esta región se empobrece totalmente antes de que se produzca la ruptura de la unión 6.

La unión PN 3# puede finalizar en el borde del disco de semiconductor. En el ejemplo ilustrado en la fig.

4, en cambio, el dispositivo tiene una forma de construcción completamente plana, previéndose para ello la zona profunda 35 de tipo P que no está junto a las regiones 1 y 3, y que conecta la región 30 de tipo P con la superficie 8. A consecuencia de ello, la unión PN 34 que va a lo largo de la zona 35 termina también en la superficie 8.

Un dispositivo dotado de tiristor puede, alternativamente, formarse como se indica en la vista en sección recta de la fig. 5, además de hacerlo de la manera ilustrada en la fig. 4. En este caso, la segunda región 2 es una capa de semiconductor del segundo tipo de conductividad (en este ejemplo, de tipo N) sobre la cual se dispone por ambos lados una combinación de regiones primera, tercera y cuarta (1, 3, 4 y 1', 3', 4', respectivamente), de acuerdo con los ejemplos precedentes. En la cuarta región 4, sobre al menos uno de los lados, se dispone una zona de superficie 7 de tipo N. De esta manera se obtiene un tiristor cuyas zonas 7, 4, 1, 2, 1' y 4', por este orden, constituyen la estructura NPNP o, más exactamente, la estructura $N^+P^+P^-N^-P^-P^+$. En las zonas 7 y 4' se prevén unos contactos de corriente 41 y 42 y en la zona 4, por ejemplo, se dispone un electrodo de control 43. En este dispositivo, las zonas profundas 35 de la fig. 4, difíciles de obtener, son superfluas.

En el dispositivo ilustrado en la fig. 5, el electrodo 42, sin inconveniente alguno, podría extenderse por encima de la región 1. No obstante, con arreglo a una forma de ejecución modificada, es posible, como variante, convertir este dispositivo en un dispositivo simétrico del tipo de "triacó", o tiristor triodo bidireccional, que tiene una tensión de ruptura controlable en ambos sentidos. A tal

fin, en la región 4' puede disponerse también una zona 7' de tipo N fuertemente impurificada, tal como se ilustra con líneas de trazo interrumpido en la fig. 5. De esta manera se obtiene la estructura N P N P N de un tiristor de acción bilateral en el que, naturalmente, el electrodo 42 puede tomar contacto tan sólo con la región 7', sin contar con un posible cortocircuito local deseado.

La fig. 6 es una vista esquemática en sección recta de una forma muy distinta de ejecución del dispositivo del presente invento. En este caso, también hay presente una primera región 1 de forma de islote de un primer tipo de conductividad (en este ejemplo, del tipo N), delimitada por el lado inferior por una segunda región 2 de tipo P que forma una unión PN 5 con la región 1 y que está lateralmente delimitada por una tercera región 3, de tipo P, que forma una unión PN 6 con la región 1. Lo mismo que en los ejemplos precedentes, las concentraciones de impurificación elegidas son tales que la unión PN 6 tiene de por sí, considerando la impurificación utilizada, menor tensión de ruptura que la unión PN 5; y la concentración de impurificación y el grosor de la región 1 son tan pequeños que esta región, al serle aplicada una tensión en sentido inverso en las uniones PN 5 y 6, se empobrece o agota por entero mucho antes de que se produzca la ruptura en la unión PN 6.

El dispositivo comprende o constituye además un transistor bipolar análogo al de los ejemplos precedentes. Ahora bien, en esta forma de ejecución, la región 1 del mismo no es la que forma la zona de base, sino la que constituye la zona de colector. En la región 1 se prevé una zona de base 50 de tipo P, zona de base en la cual se dispone una

Zona de emisor 51 de tipo N fuertemente impurificada. La cuarta región 4 de tipo N, fuertemente impurificada, presente en la región 1 de forma de islote, sirve de zona de contacto para la región de colector, constituida por la primera región 1 y la cuarta región 4 conjuntamente.

La zona de base 50 está dispuesta de modo que se une y confunde con la tercera región 3 y forma con la región 1 una prolongación, o continuación, de la unión PN 6. El dispositivo representado es también simétrico respecto a la línea M-M'. El transistor resultante tiene una elevadísima tensión de ruptura de colector-base. En este ejemplo, la región 1 tiene una concentración de impurificación de $2 \cdot 10^{14}$ átomos/cm³, la región 2 tiene una concentración de impurificación de $1,7 \cdot 10^{14}$ átomos por centímetro cúbico, el grosor de la región 1 entre la superficie 8 y la unión PN 5 es de 15 micras, el grosor de la zona de base 50 es de 7 micras y el de la zona de emisor 51 y de la región 4 es de 4 micras. La tensión de ruptura de colector-base era de 1100 voltios. La distancia L entre la cuarta región 4 y la unión PN 6 (véase la fig. 6) es de 175 micras, esto es, mayor que la distancia en que la zona de empobrecimiento perteneciente a la unión PN 6 se extendería lateralmente, para la tensión de ruptura de dicha unión, de no existir la unión PN 5. A consecuencia de esto, no se produce ruptura prematura alguna en la superficie.

En este ejemplo, la tensión de ruptura V_B unidimensionalmente calculada es la del diodo N⁺NP (4, 1, 2), en el que la región 1 entre 4 y 2 está totalmente empobrecida y tiene un grosor de 11 micras. Esta tensión de ruptura V_B es de 1445 voltios. En este caso, en el que $L = 175$ micras;

$N = 2 \cdot 10^{14} \text{ cm}^{-3}$ y $d = 15$ micras, se cumple también

$$2,6 \cdot 10^2 \xi E \sqrt{(V_B/L)} \leq N \cdot d \leq 5,1 \cdot 10^5 \xi E ,$$

puesto que $2,6 \cdot 10^2 \xi E \sqrt{(V_B/L)} = 2,19 \cdot 10^{11}$,

5

$$N \cdot d = 3 \cdot 10^{11} \text{ y}$$

$$5,1 \cdot 10^5 \xi E = 1,49 \cdot 10^{12} .$$

En el transistor ilustrado en la fig. 6, la región de base 50 va conectada al substrato 2. Para obtener un transistor que esté aislado respecto al substrato 2, puede construirse con una pequeña variante como la indicada en la fig. 7, en la que la zona de base 50 está separada de la tercera región 3 por una parte de la región 1. El transistor queda entonces aislado del substrato 2. El dispositivo es simétrico (por ejemplo, simétrico por rotación) respecto a la línea M-M'. Entre la zona de base 50 y la tercera región 3 puede aplicarse una tensión de control V_1 de, por ejemplo, unos pocos voltios. Las regiones 50 y las 3 y 2, respectivamente, están substancialmente al mismo potencial respecto a la región 1 cuando se aplica una elevada tensión V_2 de colector-emisor, y en este caso es posible alcanzar también una elevadísima tensión de ruptura de colector-base, como resultado del completo empobrecimiento de la región 1. En la fig. 7 se representa un circuito con una resistencia de carga R.

25

Para hacer ver que la tercera región 3 no siempre necesita extenderse por todo el espesor de la capa 1, la fig. 8 muestra esquemáticamente una vista en sección recta del mismo transistor de la fig. 1, con la diferencia de que la región 3 se extiende a partir de la superficie 8 en sólo una parte del espesor de la capa 1. Asegurándose de

30

que la unión PN 6, así como la unión PN 5, están en el sentido inverso, a cuyo objeto la región 3 puede en la práctica estar, ventajosamente, conectada al substrato 12, como se indica en el dibujo, la zona de empobrecimiento perteneciente a la unión PN 6 puede extenderse hasta entrar en la región 2 con una elección adecuada de la profundidad de la zona 3, de modo que se lleve a efecto el deseado aislamiento en islote. Los límites o linderos de la zona de empobrecimiento para una tensión inversa reducida entre las regiones 1 y 3 y 2, respectivamente, están indicados por las líneas de trazo interrumpido 9' y 10'; y los de total empobrecimiento de la región 1 vienen indicados por las líneas de trazo interrumpido 9 y 10.

Como variante, la región 3 puede extenderse subiendo desde la región 2 hasta la región 1 sin llegar a la superficie 8, siempre que la zona de empobrecimiento asociada llegue a la superficie 8 (véase, por ejemplo, la fig. 9).

Como ya se ha hecho notar, tampoco es necesario que la segunda unión PN 6 delimite la región de forma de islote 1 lateralmente por entero. El límite de la región 1 puede efectuarse en parte por la unión PN 6, y en la parte restante de otra manera distinta. Véanse, por ejemplo, las figs. 10 y 11, en las cuales se representa substancialmente el mismo transistor de la fig. 1: en la fig. 10 visto en planta, y en la fig. 11 en una vista esquemática en sección recta tomada en sección recta por la línea XI-XI de la figura 10. En la fig. 10, para mayor claridad, no se representan las capas metálicas 14 y 15. En este ejemplo, la región 1 de forma de islote se halla parcialmente delimitada por la unión PN 6, y en la parte restante por un dise

ño de distribución hundido 60 de óxido de silicio, obtenido por oxidación local. En este caso también la zona de empobrecimiento (9, 10) de la región 1 se extiende desde la primera unión PN 5 hasta la superficie 8, para una tensión inversa, en la unión 5, considerablemente inferior a la tensión para la cual se produciría la ruptura, cerca de la superficie y junto a la unión PN 6, de no existir la unión PN 5.

Con referencia a las figs. 12A a 12E y a la fig. 13 se explicarán ahora con mayor detalle las dimensiones y concentraciones de impurificación preferidas, arriba mencionadas.

Las figs. 12A a 12E son unas representaciones esquemáticas, en sección recta, de cinco posibilidades diferentes de la distribución de campo en un diodo, correspondiente a la primera región, de forma de islote, de los ejemplos precedentes. Para mayor claridad, sólo se representa la mitad de un diodo; el diodo se supone rotacionalmente simétrico en torno al eje designado por E_g . La región 1 corresponde a la "primera región", de forma de islote, de cada uno de los ejemplos precedentes; la unión PN 5 corresponde a la "primera unión PN" y la unión PN 6 corresponde a la "segunda unión PN". En las figuras, la región 1 se supone del tipo de conductividad N, y la región 2 se supone del tipo de conductividad P; no obstante, los tipos de conductividad pueden invertirse, como sucede en el caso de las figs. 1 y 2. La concentración de impurificación de la región 2 es la misma en todas las figs. 12A a 12E.

Cuando, entre la región 1 de tipo N^- (por medio de la región 4 de contacto, N^+) y la región 2 de tipo P^- ,

se aplica una tensión en sentido inverso, a las uniones PN 5 y 6, aparece una variación de la distribución de intensidad de campo E_s a lo largo de la superficie, con arreglo a la línea S; en tanto que, en la dirección vertical, la intensidad de campo E_b varía con arreglo a la línea B.

La fig. 12A presenta el caso en que el total empobrecimiento de la capa 1 no se produce todavía, a la tensión de ruptura. En la superficie, en o junto a la unión PN 6, aparece un elevado valor máximo de la intensidad de campo E_s que, debido a la fuerte impurificación de la región 3 de tipo P^+ , es superior al valor máximo de la intensidad de campo E_b que, visto en dirección vertical, aparece en o junto a la unión PN 5. Al sobrepasarse la intensidad de campo crítica E (para el silicio, de aproximadamente $2,5 \cdot 10^5$ V/cm y ligeramente dependiente de la impurificación), se produce la ruptura en la superficie, cerca de la unión 6, antes de que la zona de empobrecimiento (representada con líneas de trazo interrumpido en la fig. 12A) se extienda en dirección vertical desde la unión 5 a la superficie.

Las figs. 12B a 12E ilustran los casos en que la concentración N de impurificación y el grosor d de la capa 1 son tales que, antes de que se produzca la ruptura de superficie en las uniones 6, la capa 1 se empobrece totalmente desde la unión 5 hasta la superficie. En una parte de la pista entre las regiones 3 y 4, la intensidad de campo E_s a lo largo de la superficie es constante, en tanto que, lo mismo en el área de la unión PN 6 que en la unión N^+N del borde de la región 4 (a consecuencia de la curvatura de borde de la unión N^+N), se forman unas crestas en la distribución

de la intensidad de campo.

En el caso ilustrado en la fig. 12B, el valor de cresta es máximo en la unión 6 y superior al valor máximo de E_D en la unión 5, de modo que la ruptura se producirá en esa
5 área de la superficie, pero a unos valores relativamente más altos que en el caso de la fig. 12A, puesto que la distribución de la intensidad de campo en la superficie es más homogénea y el máximo, así, decrecerá. El caso de la fig. 12B puede obtenerse del de la fig. 12A, por ejemplo, reduciendo
10 para ello el grosor d de la capa 1, y manteniendo igual la impurificación,

La fig. 12C ilustra el caso inverso del de la fig. 12B, por lo que concierne a la intensidad de campo de superficie. En este caso, la cresta de intensidad de campo en
15 el borde de la región 4 es mucho más alta que en la unión PN 6. En este caso puede ocurrir, por ejemplo, cuando la capa 1 tiene una resistividad muy alta y la región 1 se empobrece o agota antes de que aparezca la tensión de ruptura. En ese caso, la ruptura puede producirse en el borde de la
20 región 4, cuando la máxima intensidad de campo en dicho borde es mayor que en la unión PN 5.

Más favorable es el caso ilustrado en la fig. 12D. En este caso se tiene la seguridad de que la concentración de impurificación y el grosor de la región 1 son tales
25 que las dos crestas de intensidad de campo en la superficie son substancialmente iguales. Aun cuando la ruptura en la superficie se siga produciendo cuando, como se indica en la figura 12D, la máxima intensidad de campo E_D en la unión PN 5 sea menor que los máximos en la superficie, el
30 máximo de intensidad de campo en la superficie, en este caso,

haciendo que la distribución S de intensidad de campo en la superficie sea simétrica, se hace menor que con una distribución asimétrica de la intensidad de campo, de modo que la ruptura se produce a una tensión más alta.

5 La fig. 12E, finalmente, ilustra el caso en que la máxima intensidad de campo en la superficie, a una tensión inversa arbitraria, es menor que la máxima intensidad de campo en la unión PN 5, mediante una elección eficaz de la impurificación y del grosor de la capa 1, y aumentando
10 la distancia L con una concentración de impurificación dada de la región 2. Como resultado de esto, la ruptura en este caso ocurrirá siempre dentro del cuerpo semiconductor en la unión PN 5, y no en la superficie.

15 Es de notar, además, que con un valor demasiado pequeño de dicha distancia L, la intensidad de campo en la superficie aumentará (de hecho, la tensión total entre las regiones 3 y 4 determina el área entre la curva S y la línea $E_s = 0$), de modo que la ruptura en la superficie se produce a menor tensión.

20 Los cálculos han demostrado que los valores más favorables para la tensión de ruptura se obtienen dentro del área encerrada, en la figura 13, por las líneas A y B. En la fig. 13, el producto de la concentración de impurificación N (en átomos por centímetro cúbico) y el grosor d (en centímetros) de la región 1 está representado en el eje horizontal, para el silicio como semiconductor; y en el eje vertical está representado el valor de $10^6(L/V_B)$, con L en centímetros y V_B en voltios. V_B es el valor unidimensionalmente calculado de la tensión de ruptura de la unión PN 5, es decir, en las figs. 12A a 12E, la tensión de ruptura de la es-

estructura $N^+N^-P^-$ cuando se supone que las concentraciones de
 impurificación de las regiones 1 y 2 son homogéneas, de mo-
 do que la unión PN 5 es brusca o escarpada, que la región 4
 de tipo N^+ tiene una resistencia serie substancialmente in-
 5 insignificante, y que la estructura $N^+N^-P^-$ se extiende infini-
 tamente lejos en todas las direcciones perpendiculares al
 eje E_s . Esta tensión de ruptura V_B ficticia puede calcular
 se muy sencillamente con dichas hipótesis. A este fin véa
 se, por ejemplo, la obra de S. M. Sze "Physics of Semicon-
 10 ductor Devices" ("La física de los dispositivos semiconduc-
 tores"), Wiley & Sons, Nueva York 1969, capítulo 5.

Para el caso en que se elija el silicio como ma-
 terial semiconductor, resulta que, para los valores de $N \cdot d$
 que se hallen comprendidos entre las líneas A y B, es do-
 15 cir, para

$$7,6 \cdot 10^8 \sqrt{(V_B/L)} \leq N \cdot d \leq 1,5 \cdot 10^{12},$$

se satisface la condición de la fig. 12D (distribución de
 campo simétrica en la superficie).

Si se quiere satisfacer también la condición de
 20 la fig. 12E (distribución de campo simétrica en la superfi-
 cie, con ruptura en la unión PN 5), para L , N y d han de
 elegirse unos valores que se hallen en o cerca de la línea
 C de la fig. 13. Para $L/V_B \gg 1,4 \cdot 10^{-5}$ se verifica, subs-
 tancialmente, que $N \cdot d = 9 \cdot 10^{11} \text{ cm}^{-2}$.

25 Como ya se ha dicho, los valores de la fig. 13
 sirven para el silicio, que tiene una intensidad de campo
 crítica E de aproximadamente $2,5 \cdot 10^5 \text{ V/cm}$ y una constante
 dieléctrica ξ de aproximadamente 11,7. En general, para
 un material semiconductor que tenga una constante dieléctri-
 30 ca relativa ξ y una intensidad de campo crítica E , se veri-

fica que, entre las líneas A y B, $2,6 \cdot 10^2 \xi E \sqrt{V_B/L} \leq N \cdot d \leq 5,1 \cdot 10^5 \xi E$; y para la línea C se tiene $N \cdot d$ substancialmente igual a $3 \cdot 10^5 \xi E$ y, en este caso también, $L/V_B \geq 1,4 \cdot 10^{-5}$.

5

Los valores ξ y E pueden obtenerse de la bibliografía técnica disponible para las personas versadas en la materia. Para la intensidad de campo crítica E puede hacerse referencia, por ejemplo, a la obra citada de S. M. Sze, "Physics of Semiconductor Devices" ("La física de los dispositivos semiconductores"), Nueva York, 1969, p. 117, fig. 25.

10

15

Por medio de lo que más arriba se ha descrito con referencia a las figs. 12A a 12E y 13, los técnicos del ramo pueden llegar a seleccionar las impurificaciones y dimensiones más favorables, en unas circunstancias dadas, para el transistor de efecto de campo conforme a la invención. No siempre será necesario o deseable que en toda circunstancia (fig. 13, curva C) se evite la ruptura en superficie. Tampoco será siempre necesario operar entre las líneas A y B de la fig. 13, puesto que fuera de dichas líneas es posible lograr también elevadas tensiones de ruptura (en superficie). Ahora bien, siempre habrá de satisfacerse la condición de que la región de forma de islote, en sentido vertical, esté totalmente empobrecida o agotada antes de que se produzca la ruptura en superficie.

20

25

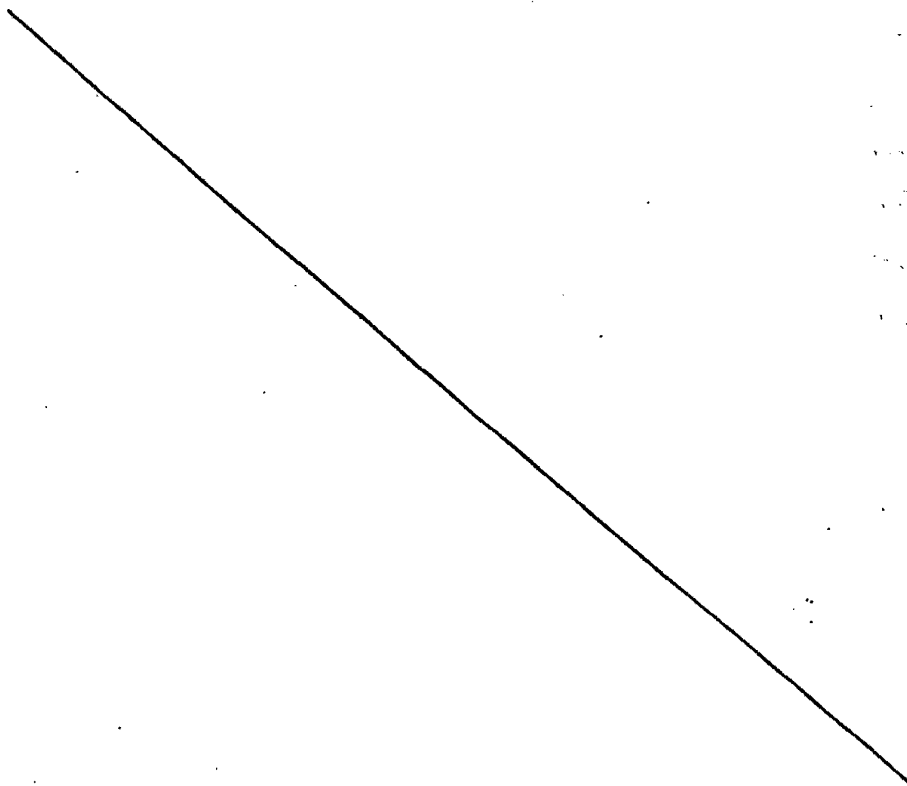
La invención no se limita a las formas de ejecución descritas. Dentro del ámbito de la invención son posibles numerosas variantes, para las personas versadas en la materia. Por ejemplo, todos los tipos de conductividad pueden ser sustituidos (simultáneamente) por sus opuestos, in-

30

03029

virtiendo la polaridad de las tensiones aplicadas. En lugar del silicio puede usarse cualquier otro material semiconductor (por ejemplo, el germanio), o un compuesto $A_{III}-B_V$ como, por ejemplo, el GaAs, o una combinación de varios materiales semiconductores que entre sí formen las llamadas "heterouniones". Para la capa aislante 16 y las capas metálicas de contacto puede emplearse cualquier material que sea útil al efecto.

Es más, el elemento de circuito de semiconductor no tiene que ser necesariamente un transistor. Por ejemplo, cuando se omite la zona de emisor 7 de la fig. 1, se obtiene, con los electrodos 14 y 13, un diodo de alta tensión conforme al presente invento.



- REIVINDICACIONES -

5

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

10

1a.- Un dispositivo semiconductor perfeccionado dotado de un cuerpo semiconductor que comprende por lo menos un elemento de circuito semiconductor bipolar de alta tensión, comprendiendo dicho elemento de circuito bipolar una primera región, de forma de islote, de un primer tipo de conductividad y contigua a una superficie substancialmente plana, formando dicha primera región, con una segunda región subyacente del segundo tipo de conductividad, una primera unión PN que se extiende substancialmente paralela a la superficie, estando la primera región lateralmente delimitada, al menos en parte, por una segunda unión PN con una zona de agotamiento o empobrecimiento asociada, formada entre la primera región y una tercera región del segundo tipo de conductividad que se extiende entre la segunda región y la superficie, teniendo dicha segunda unión PN una menor tensión de ruptura que la primera unión PN, previéndose una región de contacto contigua a la superficie y a la primera región, estando dicha región de contacto delimitada, al menos lateralmente, por la primera región, caracterizado dicho dispositivo por el hecho de que la concentración de impurificación y el grosor de la primera región son tan pequeños

20

25

30

03029

que, al aplicarse una tensión en sentido inverso entre la primera y la segunda regiones, la zona de empobrecimiento o agotamiento, por lo menos entre la región de contacto y la tercera región, se extiende subiendo desde la primera unión PN hasta la superficie a una tensión o voltaje, entre dichas regiones primera y segunda, menor que la tensión de ruptura de la segunda unión PN.

2a.- El dispositivo semiconductor de la reivindicación 1a, caracterizado por el hecho de que la distancia L desde dicha región de contacto a la segunda unión PN, tomada a lo largo de la superficie, es mayor que la distancia en que la zona de empobrecimiento o agotamiento asociada a la segunda unión PN se extiende a lo largo de la superficie, a la tensión de ruptura de la segunda unión PN.

3a.- El dispositivo semiconductor de la reivindicación 2a, caracterizado por el hecho de que la concentración N de impurificación, en átomos por centímetro cúbico, y el grosor d , en centímetros, de la primera región, de forma de islote, satisfacen la condición

$$2,6 \cdot 10^2 \xi E \sqrt{(V_B/L)} \leq N \cdot d \leq 5,1 \cdot 10^5 \xi E ,$$

en la que ξ es la constante dieléctrica relativa y E la intensidad de campo crítica en voltios/cm para la cual aparece la multiplicación de avalancha en el material semiconductor de la primera región, L es la distancia en centímetros desde dicha región de contacto hasta la segunda unión PN, y V_B es el valor unidimensionalmente calculado de la tensión de ruptura, en voltios, de la primera unión PN.

4a.- El dispositivo semiconductor de la reivindicación 3a, caracterizado por el hecho de que el producto

$N \cdot d$ es substancialmente igual a $3,0 \cdot 10^5$ E, y L es igual o mayor que $1,4 \cdot 10^5 \cdot V_B$.

5 5a.- El dispositivo semiconductor de una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por el hecho de que la concentración de impurificación de por lo menos la parte de la segunda región adyacente a la primera región es menor que la de la primera región.

10 6a.- El dispositivo semiconductor de una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por el hecho de que la segunda región tiene un grosor tal que, a la tensión de ruptura de la primera unión PN, la zona de empobrecimiento o agotamiento se extiende, en la segunda región, en una distancia menor que el grosor de dicha región.

15 7a.- El dispositivo semiconductor de una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por el hecho de que la primera región está formada por una capa epitáxica del primer tipo de conductividad, dispuesta sobre la segunda región.

20 8a.- El dispositivo semiconductor de una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por el hecho de que la primera región está lateralmente delimitada, por entero, por la segunda unión PN.

25 9a.- El dispositivo semiconductor de una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por el hecho de que dicha primera región, de forma de islote, constituye una de las zonas de colector y base de un transistor bipolar de alta tensión; y de que dicha región de contacto es una cuarta región de semiconductor, del primer tipo de conductividad, que tiene una mayor con-

30

centración de impurificación que la primera región y está rodeada, al menos lateralmente, por la primera región.

10a.- El dispositivo semiconductor de la reivindicación 9a, caracterizado por el hecho de que la cuarta región se extiende bajando hasta la segunda región.

11a.- El dispositivo semiconductor de la reivindicación 9a o la 10a, caracterizado por el hecho de que en la cuarta región hay dispuesta una zona de emisor, contigua a la superficie, del segundo tipo de conductividad, la cual está además completamente rodeada por la cuarta región, constituyendo la primera región y la cuarta región, conjuntamente, la zona de base y constituyendo la segunda región la zona de colector del transistor.

12a.- El dispositivo semiconductor de la reivindicación 11a, caracterizado por el hecho de que la primera región forma parte de una primera capa epitáxica del primer tipo de conductividad, y va separada de la parte restante de la primera capa epitáxica por la tercera región; y de que la segunda región es una parte, de forma de islote, de una segunda capa epitáxica del segundo tipo de conductividad, dispuesta sobre un substrato del primer tipo de conductividad, cuya parte de forma de islote está separada de la parte restante de la segunda capa epitáxica por una zona de aislamiento del primer tipo de conductividad, no contigua a las regiones primera y tercera y que se extiende desde la primera capa epitáxica bajando hasta el substrato.

13a.- El dispositivo semiconductor de la reivindicación 11a, caracterizado por el hecho de que la segunda región se halla junto a una región adicional subyacente del primer tipo de conductividad, cuya región adicional,

en unión de la segunda región, la primera región, la cuarta región y la zona del segundo tipo de conductividad en ella dispuesta, constituyen un tiristor.

5 14a.- El dispositivo semiconductor de la reivindicación 13a, caracterizado por el hecho de que la región adicional está conectada a la superficie por medio de una zona fuertemente impurificada del primer tipo de conductividad, no contigua a las regiones primera y tercera.

10 15a.- El dispositivo semiconductor de la reivindicación 13a, caracterizado por el hecho de que la segunda región es una capa de semiconductor del segundo tipo de conductividad, provista, por ambos lados, de una combinación de dichas regiones primera, tercera y cuarta, habiendo una zona de superficie del segundo tipo de conductividad
15 incrustada en por lo menos un lado de la cuarta región.

20 16a.- El dispositivo semiconductor de la reivindicación 9a, caracterizado por el hecho de que en la primera región hay dispuesta una zona de base del segundo tipo de conductividad y, en ella, una zona de emisor del primer tipo de conductividad, constituyendo las regiones primera y cuarta, conjuntamente, la zona de colector de transistor.

25 17a.- El dispositivo semiconductor de la reivindicación 16a, caracterizado por el hecho de que la zona de base se une y confunde con la tercera región.

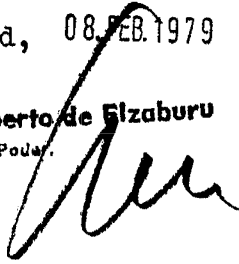
25 18a.- "UN DISPOSITIVO SEMICONDUCTOR PERFECCIONADO".

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

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

Madrid, 08 FEB. 1979

P.A.
Alberto de Elizaburu
Por Poder.



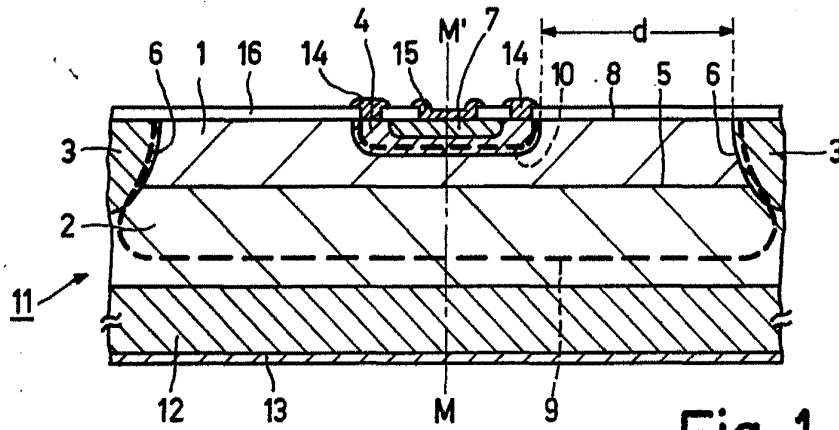


Fig. 1

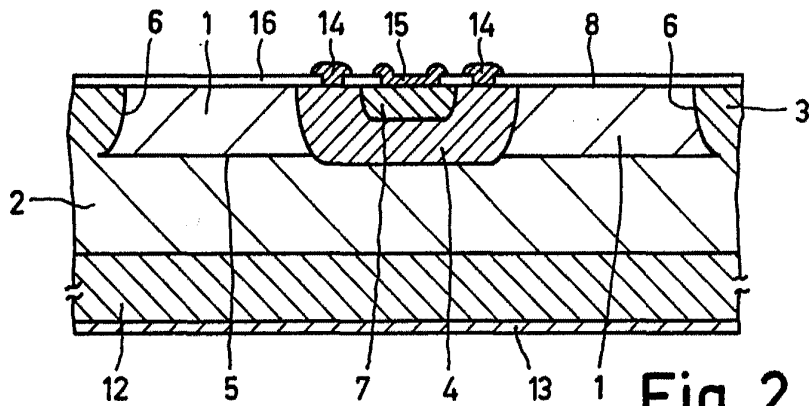


Fig. 2

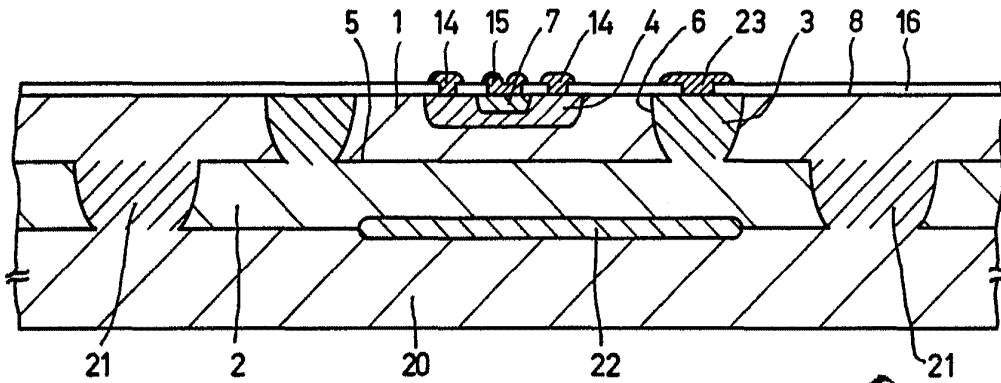


Fig. 3

Alberto de Alzaburu
for Philips

1-VI-PHN 9018

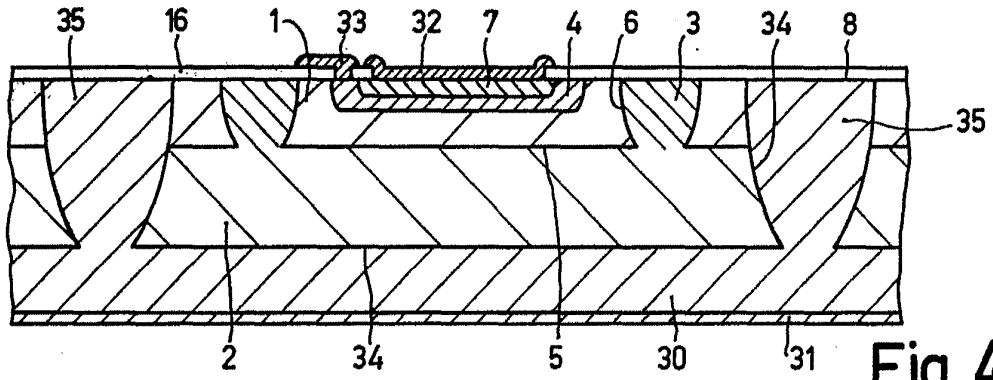


Fig. 4

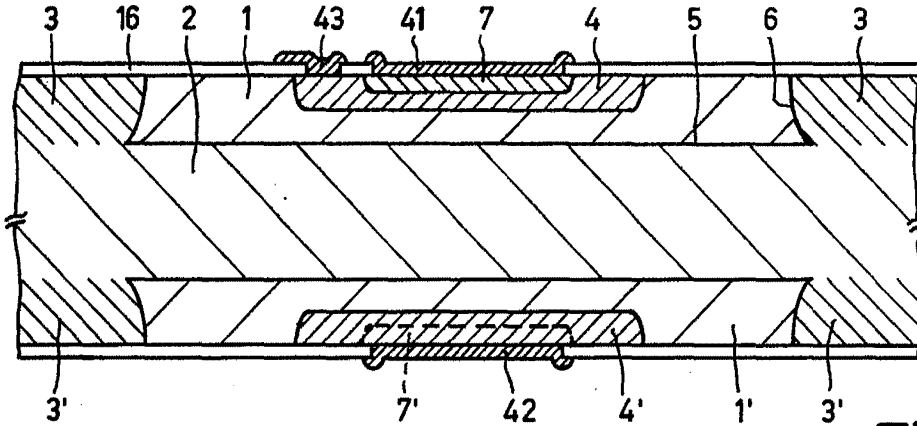


Fig. 5

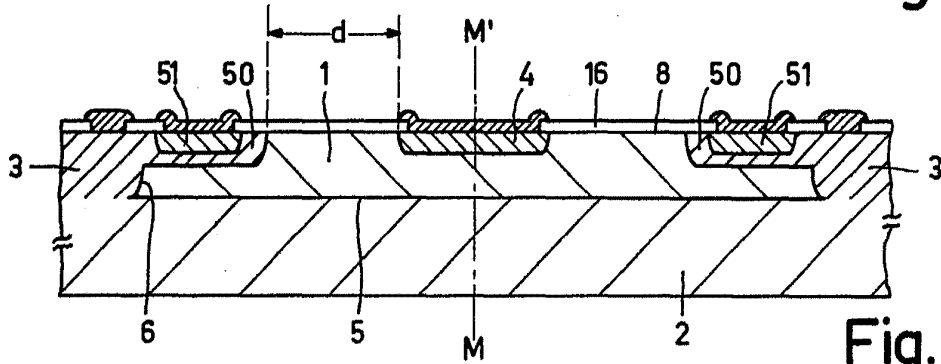


Fig. 6

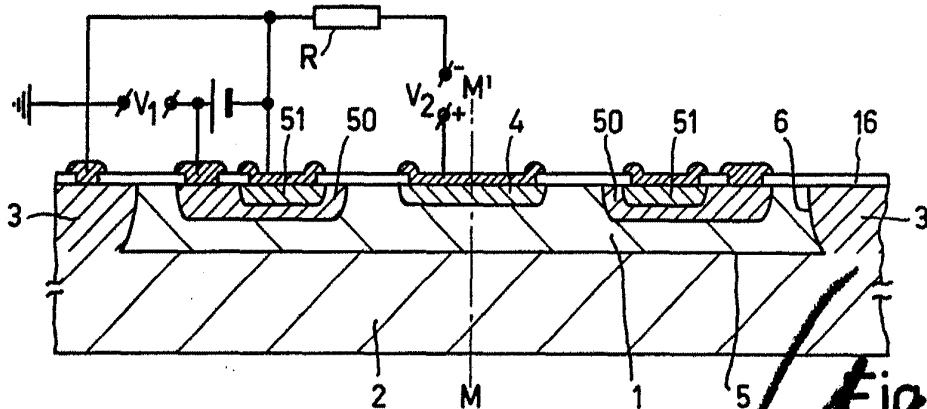


Fig. 7

Alberto Elaburu
Per. del.
2-VI-PHN 9018

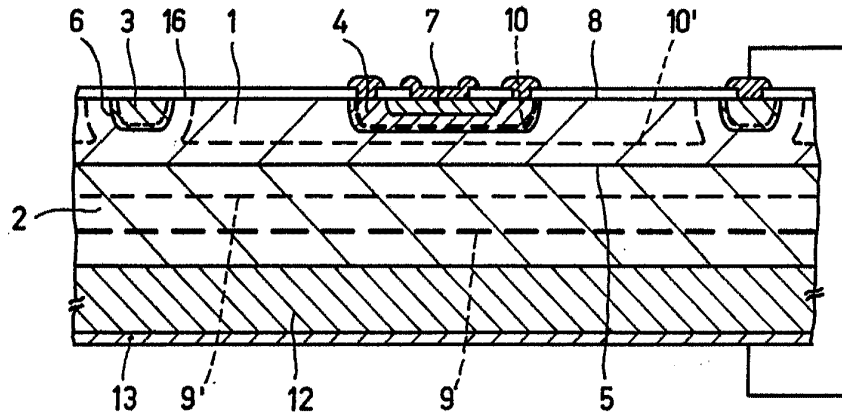


Fig. 8

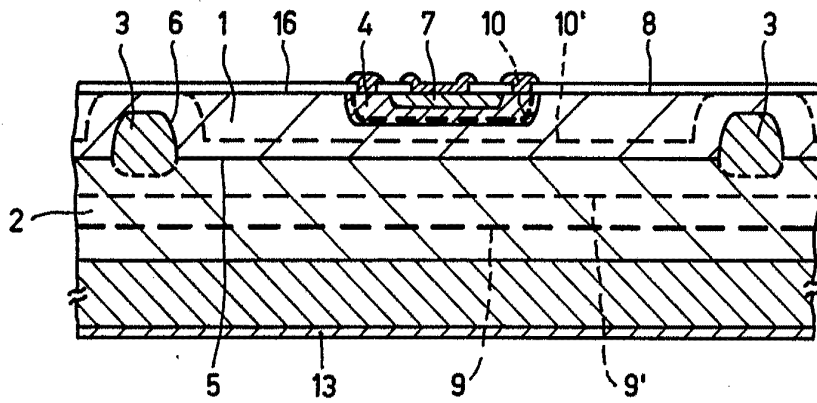


Fig. 9

[Handwritten Signature]
Albino de Muzuru
For Patent

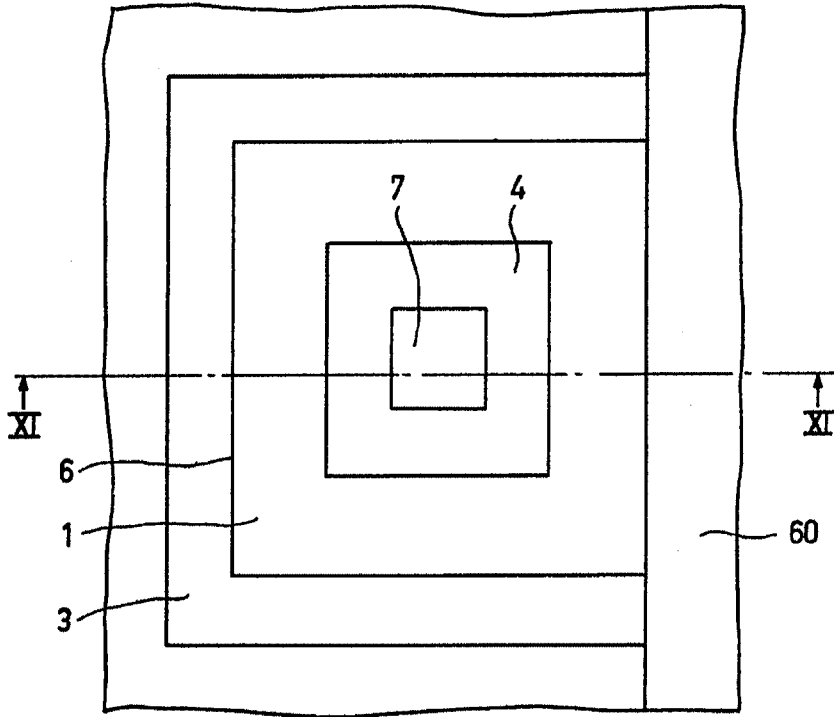


Fig. 10

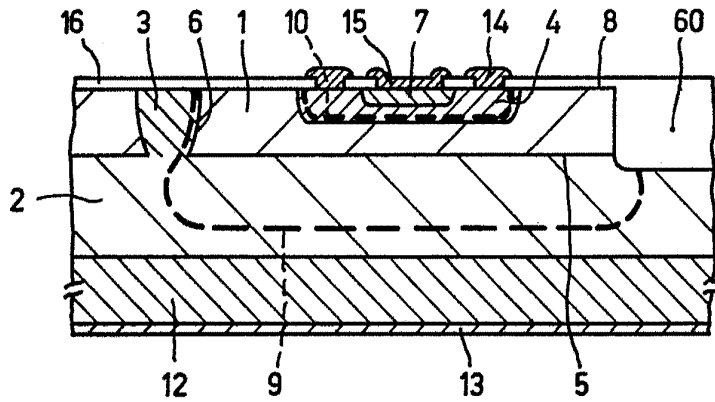
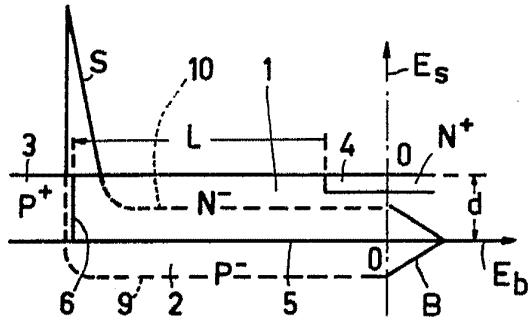
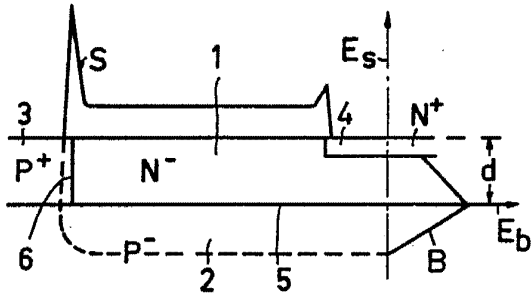


Fig. 11

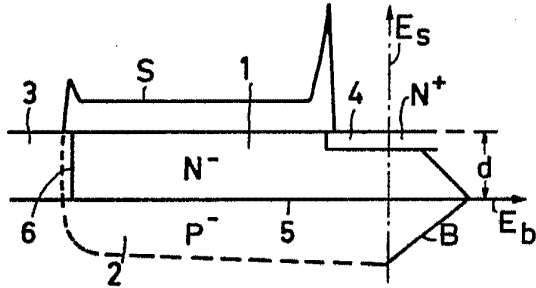
Alberico de Elzaburu
Per Fidei,



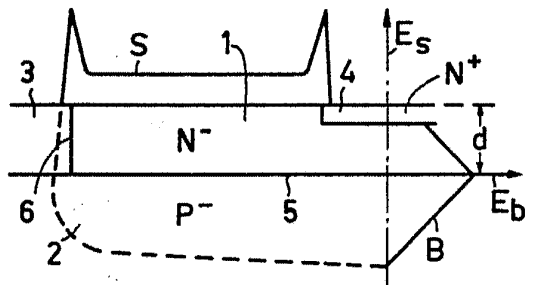
12A



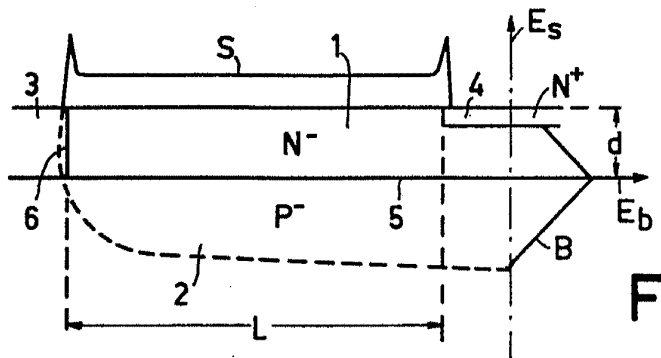
12B



12C



12D



12E

FIG.12

Aspirato de Elaboru
de Rodu

5-VI-PHN 9018

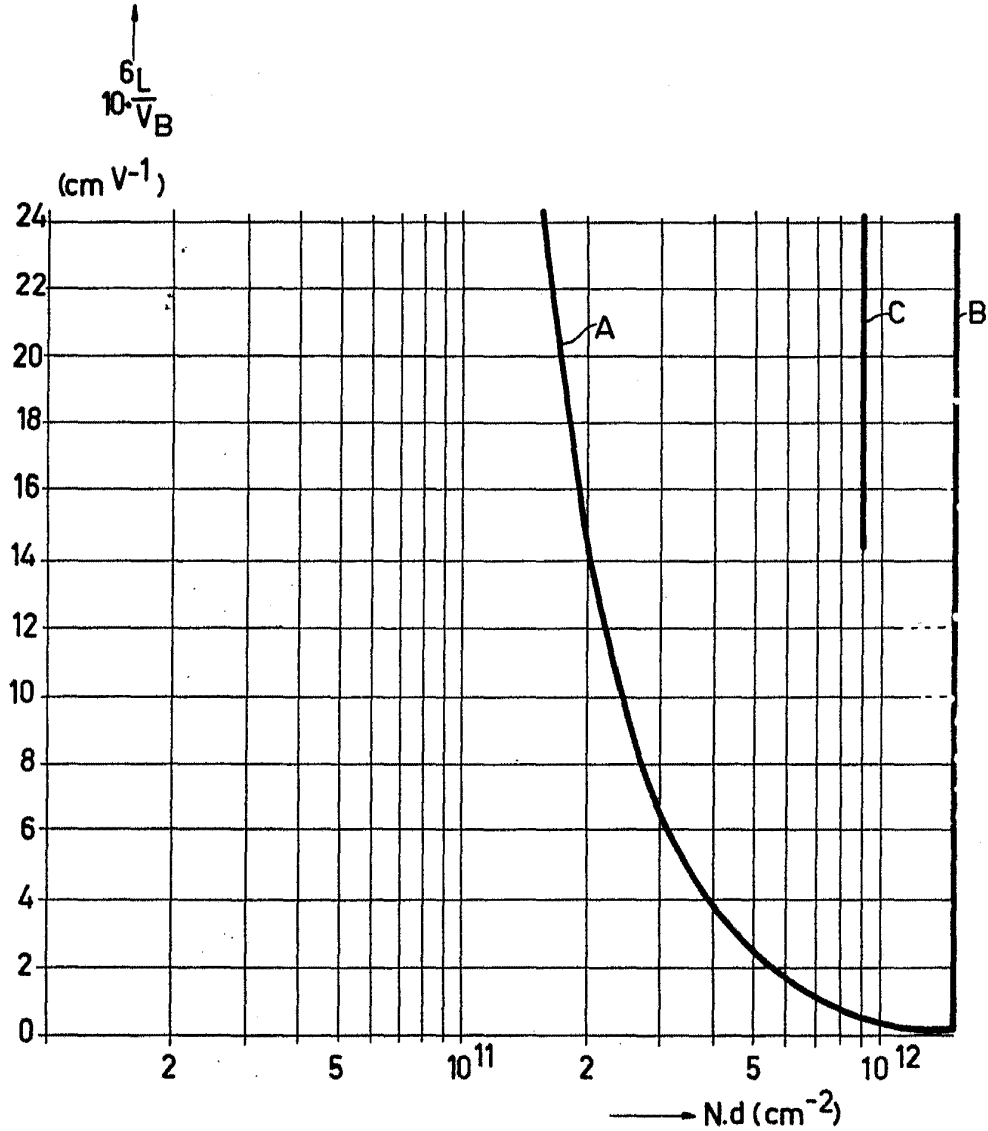


FIG.13

Alberto d. Elizaburu
Fot. Soc. Ar.
6-VI- PHN 9018