

337135



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

por VEINTE años

en España, a favor de FAGOR-ELECTROTECNICA, S.C.I., residente en Mondragón (Guipúzcoa), Barrio de San Andrés, cuya Patente tiene por objeto:

"PROCEDIMIENTO DE FABRICACION DE SEMICONDUCTORES"

M E M O R I A D E S C R I P T I V A

La invención se relaciona con un procedimiento de fabricación de semiconductores y más en particular en la preparación de tabletas de silicio de modo que resulten apropiadas al fin a que están destinadas.

- 5.- Un objeto de este invento consiste en establecer una unión P-N, para lo cual hay que introducir en el cristal de silicio, por un lado, átomos de un elemento del grupo V, como por ejemplo antimonio, fósforo, arsénico, etc., que formará la zona N y, por otro lado, átomos de un elemento del
- 10.- grupo III, como por ejemplo aluminio, boro, galio, indio, etc., que formará la zona P.

Otro objeto del invento consiste en depositar por baños galvánicos varias capas destinadas a obtener un buen contacto óhmico.

- 2 -
337 135

22 F



Otro objeto del invento consiste en depositar otra capa metálica con miras a obtener una buena soldadura posterior.

5.- Los objetos y características mencionadas se comprenderán mejor exponiendo y concretando definiciones y explicaciones de los términos y expresiones empleadas.

10.- El estado de equilibrio en la estructura molecular de los átomos de silicio, es perfecto en cuanto que cada átomo esté unido a los átomos adyacentes por un electrón (denominado electrón de Valencia), por lo que todos los enlaces quedan satisfechos y todas las cargas del núcleo neutralizadas.

Este estado de equilibrio puede romperse por el efecto térmico producido por una elevación de temperatura.

15.- El calor produce vibraciones moleculares que tienden a perturbar la ordenación de los átomos. La energía térmica produce una vibración de los átomos y en consecuencia la separación de los núcleos, pudiendo llegar esta separación a romper un enlace.

20.- Por lo tanto, la ruptura provoca la liberación de un electrón y la aparición de un enlace incompleto. El electrón se transforma en electrón libre.

Este enlace incompleto se traduce en la falta de una carga negativa, que se simboliza como si apareciese una carga positiva, que se denomina hueco.

25.- Estos huecos parecen como si se moviesen en dirección opuesta a la de los electrones libres.

30.- Supongamos que un campo eléctrico externo actúa en el interior de un cristal; su fuerza obliga al electrón de enlace liberado a caer en un hueco donde tenemos una recombinación de enlace y la aparición de un nuevo hueco. La misma

- 3 -
337135



fuerza obliga a otro electrón de enlace a caer en el hueco aparecido anteriormente, con lo que tenemos otra recombinación del enlace anteriormente roto y la aparición de otro nuevo hueco.

- 5.- En definitiva el fenómeno va escalonado: Electrón de enlace y enlace roto.
- Con esto se comprueba que el desplazamiento de un hueco se traduce en el desplazamiento de los electrones de enlace en sentido de un campo eléctrico.
- 10.- La conductividad depende del número de electrones libres, del número de huecos existentes y de sus movibilidades.
- El número de electrones libres y de huecos es constante para una temperatura dada, creciendo este número con el aumento de temperatura.
- 15.- La conductividad de un bloque de silicio puro es escasa, pues la aparición de un electrón libre se traduce a la vez, en la creación de un hueco y la posibilidad de una recombinación es grande.
- Por lo tanto, es preciso introducir impurezas para
- 20.- favorecer bien la producción de electrones libres, sin que aparezcan huecos, o bien la aparición de huecos sin que éstos provengan de la rotura de enlace que se traduciría en una liberación de electrones.
- El término tipo P, se aplica a materiales semicon-
- 25.- ductores, que tienden a dar fácil paso a la corriente cuando son positivos con respecto a una conexión que dé acceso a ellos y lo haga difícil cuando ocurra lo contrario.
- Es por tanto material semiconductor al que le han introducido impurezas que favorecen la producción de electro-
- 30.- nes libres.

- 4 -
337135



El término tipo N se aplica a materiales semiconductores, que tienden a dar fácil paso a la corriente cuando son negativos con respecto a una conexión que dé acceso a ellos y lo haga difícil cuando ocurra lo contrario.

5.- Es por tanto material semiconductor al que se le han introducido impurezas que favorecen la producción de huecos.

Una unión es una región muy fina de un monocristal, en la que la conductibilidad pasa gradualmente del tipo P al
10.- N.

Si un cristal está constituido por silicio tipo P en una zona y de tipo N en otra, necesariamente existirá una región en la que se pase de un tipo de conductividad al otro.

Tengamos un monocristal que contenga dos bloques de
15.- silicio diferente, es decir, silicio tipo P y silicio tipo N.

En el monocristal tendremos un número preponderante de electrones libres de la región N y de huecos en la región P.

Los electrones libres de una región N se moverán h
20.- a la P, mientras que los huecos de la región P se moverán hacia la N.

Los electrones libres que proceden de la zona N, llegan a una región en la que la proporción de huecos es gran
de, permitiéndoles que se recombinaan rápidamente.

25.- Los huecos que proceden de la zona P llegan a una región en que la proporción de electrones libres es elevada, quedando rápidamente cubiertos por electrones que proceden de la región N.

Al ser fijos los átomos donantes y aceptantes, re-
30.- sulta que hay un desplazamiento de cargas negativas de la re-



337135

gión N a la P y de cargas positivas en sentido inverso.

Los iones negativos fijos constituyen una carga espacial unida negativa mientras que los iones positivos fijos constituyen una carga espacial positiva.

5.- Esta doble carga espacial fija hace que aparezca un campo eléctrico de origen interno, orientado en el sentido de la carga espacial negativa hacia la carga espacial positiva.

El campo eléctrico aparecido se opone a la difusión de los huecos hacia la región N y de los electrones libres hacia la región P y establece una barrera que tiende a rechazar los huecos hacia el material P y a los electrones hacia el material N. Esta barrera se denomina barrera de potencial.

10.- Consideremos el tipo de la figura 1. La zona de silicio del tipo P más alejada de la unión, no recibe ningún electrón libre de la región N, por lo que el equilibrio eléctrico queda mantenido y en consecuencia esta zona es eléctricamente neutra (zona A B).

15.- En las proximidades de la unión, los electrones de la región N vienen a compensar algunos huecos de la región P. En esta zona se produce un desequilibrio eléctrico tanto más elevado, cuantos más huecos son ocupados por electrones libres de la región N.

20.- La densidad de carga es máxima y negativa en la región de la unión por la parte del semiconductor tipo P, donde no existe ningún hueco móvil.

25.- Lo mismo ocurre para el silicio tipo N, la densidad de carga es máxima y positiva en la región de la unión por la parte del semiconductor de tipo N, en donde no existe ningún electrón libre.

30.- La parte de curva EF, corresponde a la zona de sili-



cio de tipo N, en la que no ha podido difundirse ningún hueco de la región N.

Anteriormente hemos indicado que la alteración del equilibrio electrónico de la estructura atómica se realiza por adición o sustracción de electrones, atribuyéndose este de sequilibrio a las presencias de las impurezas.

El objeto principal, fuera de otras características indicadas, es establecer la unión PN a través de la introducción en el cristal de silicio de estas impurezas influyentes, siendo establecida esta unión por difusión.

La difusión consiste en un intercambio molecular entre el dopante (o impurezas) y el silicio por tratamientos térmicos.

Por el presente procedimiento, se trata de fijar a la cara del cristal de silicio un óxido del elemento del grupo V, mediante una difusión previa de pequeña duración.

Para que esta difusión de los dopantes se lleve a cabo hay que pintar la superficie del cristal de silicio con una solución del dopante elegido.

Durante esta corta difusión se oxida la otra cara del cristal de silicio, por lo que habrá que eliminar estos óxidos por tratamientos superficiales.

Una vez efectuada esta difusión previa, se somete a la pastilla a lo que denominaremos gran difusión, llamada así por efectuarse en un gran intervalo de tiempo.

En esta gran difusión es donde verdaderamente tiene lugar la formación de la unión P-N.

Las características del diodo de silicio nos lo determina esencialmente las profundidades de la difusión. Estas profundidades dependen fundamentalmente de la temperatura de

337⁷-135

22



difusión, de la duración del proceso y de la concentración de los dopantes.

Esta difusión se realiza en un horno de difusión, el cual somete a la pastilla de silicio introduciéndola y sacándola en intervalos establecidos, a una temperatura comprendida entre 900° y 1.400°, durante un tiempo que oscila entre 1 a 36 horas.

Mediante baños galvánicos y para obtener un buen contacto óhmico de la pastilla y una vez limpio y dopado el disco de silicio, se depositan diversas capas metálicas, como por ejemplo, níquel, cobre, cobalto, etc.

Con el objeto de obtener una buena soldadura posterior, se deposita una capa de materiales, como por ejemplo, níquel, oro, etc.

Una vez sometido el disco de silicio a las operaciones precedentes mediante un tratamiento químico como, por ejemplo, corrosión o sistema mecánico, se procede a efectuar el corte en distintos tamaños. De esta forma se consiguen las características deseadas.

Una idea más completa del objeto que constituye esta Patente de Invención la proporciona la descripción siguiente, al hacer referencia a los dibujos que a esta Memoria se acompañan, en los que, de manera un tanto esquemática y exclusivamente por vía de ejemplo, se representan los conjuntos y detalles más característicos de la idea del invento, al hacer referencia a un posible caso de realización práctica.

En dichos dibujos:

La figura 1ª representa la densidad de las cargas en función de su distancia con respecto a la unión.

Las figuras 2ª, 3ª, 4ª, 5ª y 6ª representan el proce

2. 2
- 8 -
337135



dimiento de fabricación a seguir.

El número 1 representa silicio con tipo de conductividad N, del cual se parte.

5.- El número 2, silicio de tipo de conductividad N, pero más dopado que el anterior.

El número 3, silicio de tipo de conductividad P, que se obtiene por difusión.

10.- Los números 4 y 5 representan las capas metálicas que se depositan por baños galvánicos para obtener un buen contacto óhmico.

Los números 6 y 7 representan capas metálicas que se depositan para obtener una buena soldadura.

El número 8 se representa donde se realiza la unión P-N.

15.- Descrita convenientemente la naturaleza de esta Patente de Invención, como asimismo la forma de poderla llevar a la práctica, para convertirla en una realidad industrializable, se hace constar que en la misma serán susceptibles de introducirse todas aquellas modificaciones de detalle que las circunstancias y la práctica pudieran aconsejar, siempre y cuando que con las variantes que se introduzcan no se cambie, altere o modifique la esencialidad del objeto descrito.

20.-

N O T A

25.- Se declara como de novedad para todo el territorio español el contenido de las siguientes

R E I V I N D I C A C I O N E S :

1.- "Procedimiento de fabricación de semiconductores", caracterizado porque partiendo de un cristal de silicio, previamente impurificado de una determinada polaridad, se le dopa con dos productos distintos, correspondientes uno a un

30.-

- 9 -
337 135

22



elemento del grupo III como, por ejemplo, aluminio, boro, galio, indio, etc., y otro del grupo V, como, por ejemplo, antimonio, fósforo, arsénico, etc.

2ª.- "Procedimiento de fabricación de semiconductores", según la reivindicación precedente, caracterizado porque el dopado de estos productos se realiza mediante difusión de los dopantes.

3ª.- "Procedimiento de fabricación de semiconductores", caracterizado porque la difusión se realiza en dos operaciones: la primera denominada difusión previa, por un producto del grupo V y la segunda difusión o gran difusión, por medio de un producto del grupo III.

4ª.- "Procedimiento de fabricación de semiconductores", según las reivindicaciones 2ª y 3ª, caracterizado porque dicha difusión se realiza a temperaturas comprendidas entre 900º y 1.400º y durante un periodo de tiempo que puede oscilar entre 1 a 36 horas.

5ª.- "Procedimiento de fabricación de semiconductores", según las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque, una vez el disco de silicio limpio y dopado, se deposita mediante baños galvánicos varias capas metálicas de, por ejemplo, níquel, cobre, etc., para obtener un buen contacto óhmico de la pastilla.

6ª.- "Procedimiento de fabricación de semiconductores", según reivindicaciones anteriores, caracterizado porque se recubre de una capa metálica, de níquel, oro, etc., destinada a obtener una buena soldadura posterior.

7ª.- "Procedimiento de fabricación de semiconductores", según reivindicaciones anteriores, caracterizado porque, una vez sometida a todas las operaciones precedentes, se



337135

procede a efectuar el corte de la pastilla en distintos tamaños, mediante corrosión o sistemas mecánicos para obtener, mediante dicho corte, las características deseadas.

8ª.- "PROCEDIMIENTO DE FABRICACION DE SEMICONDUCTORES".

Todo ello, conforme se describe y reivindica en la presente Memoria, que consta de DIEZ hojas escritas a máquina por una sola de sus caras y dibujos que la ilustran.

Madrid, 21 de Febrero de 1.967

E. GONZALEZ VAGAN
P./P.

22 FEB 1967

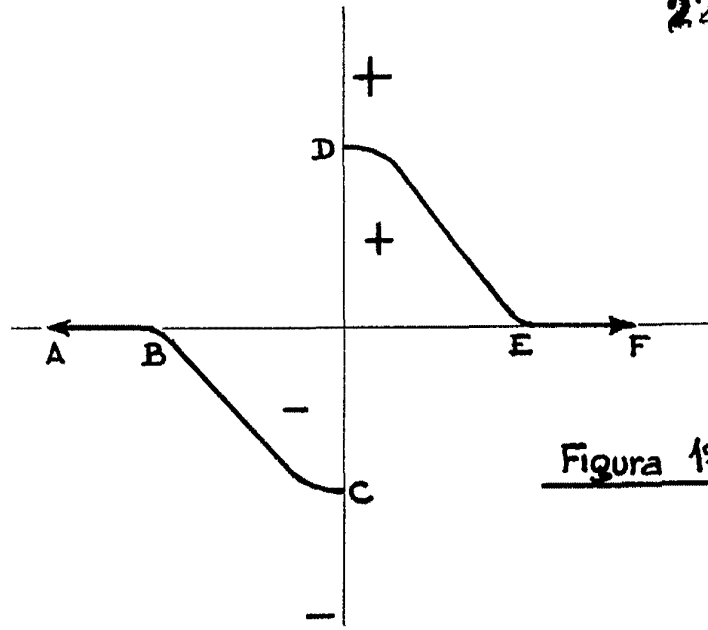


Figura 1ª

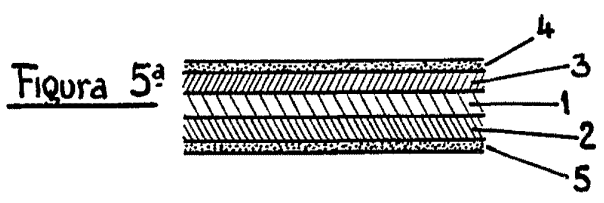
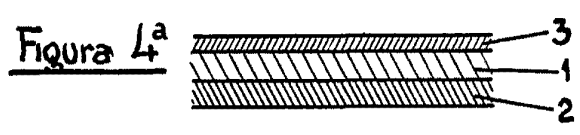
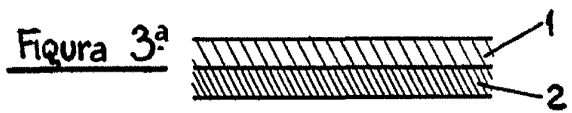
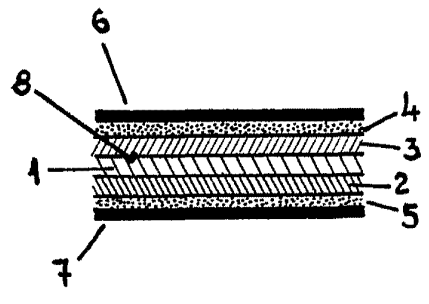


Figura 6ª



Escala variable

MADRID 22 FEBRERO 1967
R. GONZALEZ YAGUE
ING.