



MEMORIA DESCRIPTIVA PARA SOLICITAR PATENTE DE INVENCION
EN ESPAÑA POR: "METODO PARA FABRICAR DISPOSITIVOS SEMICONDUCTORES
POLICRISTALINOS DE UNION", A NOMBRE DE STANDARD ELECTRICA, S.A.
CON DOMICILIO EN MADRID, CALLE DE RAMIREZ DE PRADO N.º 5

El invento se refiere a la fabricación de dispositivos semiconductores, en particular a los dispositivos policristalinos.

Para los fines de esta especificación el proceso de "silver boat" se define como un método para calentar una carga de material en el que dicha carga de material es calentada por la acción
5 de calentamiento por resistencia a las corrientes de radiofrecuencia inducidas en el cuerpo de dicha carga por corrientes de radiofrecuencia que circulan en las paredes del recipiente que contiene dicha carga, teniendo dicho recipiente paredes huecas a través de las que
10 puede circular un fluido para refrigeración y está construido de uno o más metales que tienen una conductividad térmica de no menos de 0,49 gm. calorías por segundo por cm^2 (por $^{\circ}\text{C}$ por cm) y una resistencia eléctrica específica de no más de 2,665 microhmios por cm^3 a 0°C .

De acuerdo con el invento se proporciona un método de fabricación de dispositivos semiconductores policristalinos de unión en
15

POOR
QUALITY

335282

2.



un substrato de material policristalino en el que dicho material policristalino se obtiene de una carga de dicho material que ha sido fundido y resolidificado en un proceso de "silver boat" y en el que el material policristalino así obtenido en dicho proceso se utiliza como un substrato en el que se deposita una o más capas de material cristalino isomórfico por epitaxia.

Casi sin excepción, los dispositivos semiconductores se han hecho de material monocristalino porque para la mayoría de las aplicaciones, las formas disponibles de material policristalino se han mostrado como no satisfactorias. La falta de éxito de los dispositivos hechos con material policristalino se ha atribuido generalmente al hecho de que en estos materiales, las impurezas utilizadas como envenenadores o impurezas accidentales se difundían más allá y más rápidamente a lo largo de los límites del grano que en material en masa. Por esta razón se ha demostrado como prácticamente imposible hacer cualquier cosa que no sean uniones irregulares p-n en este material o uniones que están totalmente cortocircuitadas eléctricamente por caminos a través de impurezas en los límites del grano.

Este problema de la difusión de impurezas no está limitado a dispositivos hechos por proceso de difusión sino que también se aplica a dispositivos hechos por procesos epitaxiales porque para crecimiento epitaxial el substrato tiene que calentarse a una temperatura suficiente para permitir una cierta movilidad de los átomos de condensación para permitir que emigren a posiciones que conformen a la celosía cristalina del substrato, y esta temperatura es también suficiente para difusión significativa de impurezas a lo largo de los límites del grano.

Sin embargo se ha encontrado que pueden hacerse dispositivos de material policristalino que se han fundido y resolidificado en el proceso de "silver boat" en los que se han hecho uniones por



epitaxia.

Las características del invento quedarán claras de la descripción siguiente de la producción de un diodo de silicio que tiene características zener, como una realización del invento en su forma preferida.

La descripción se refiere a los dibujos que acompañan a la especificación provisional en los que:

La figura 1 es una vista lateral de un aparato para tratar el material semiconductor;

La figura 2 es una sección por la línea 1-1 de la figura 1;

La figura 3 es una vista de plano de otro aparato para el tratamiento de material semiconductor, con una parte representada en sección;

La figura 4 es una vista en sección de la línea A-A de la figura 3;

La figura 5 es una vista diagramática que ilustra una forma de funcionamiento del aparato;

La figura 6 es una representación diagramática de los sucesivos pasos para la construcción de un diodo mesa.

La primera parte de esta descripción se refiere a un aparato de "silver boat" en el que una carga de silicio que contiene impurezas se refina en zonas, y en el que se elevan las zonas en presencia de un envenenador. Durante este proceso se hace que el material se funda y se resolidifique de forma que el estado final cristalino es adecuado para la fabricación de dispositivos policristalinos.

Refiriéndonos a los dibujos y primero a las figuras 1 y 2, un crisol C de cobre tiene en sección la forma de medio toro hueco, a través del cual se hace circular agua de refrigeración F por tuberías D y E. El silicio B que tiene que refinarse por zonas está con-

335282

4.



tenido en un crisol C. Las bobinas de calentamiento de alta frecuencia A están situadas alrededor del crisol en los sitios indicados en la figura 1.

80 Como el silicio es de muy alta resistividad, cuando a temperatura ambiente un susceptor (no representado) se coloca inicialmente en una posición adyacente a una de las bobinas A y calienta el silicio B por calor radiado a una temperatura suficiente para reducir a su resistividad en un grado que permita que se induzcan corrientes parásitas en él. La corriente de la bobina de calentamiento
85 A puede ajustarse de forma que el campo electromagnético resultante de las corrientes inducidas en el metal del crisol C reacciona con la corriente inducida en una zona fundida del material B de tal forma que eleva esta zona fundida y la quita de hacer contacto con la superficie del metal del crisol. A este fin, el crisol debe estar situado de tal forma, con relación a la bobina de calentamiento, que el
90 silicio permanezca por debajo del centro de la bobina y la reacción de los campos electromagnéticos de la bobina A y el campo debido a las corrientes inducidas en la pared del crisol inmediatamente adyacente al silicio con el campo inducido en la zona fundida de silicio,
95 levante esa zona hacia arriba en dirección al dibujo.

Esta disposición lleva a economizar la potencia requerida por reducción de la pérdida de calor de la zona fundida al metal del crisol.

100 El tratamiento térmico se hace en una atmósfera de gas protector como argón y el crisol C está por lo tanto contenido en una cámara en la que puede mantenerse esta atmósfera protectora.

En el aparato representado en las figuras 3 y 4 el crisol está formado por un cilindro hueco de plata que tiene anillos de cobre 2 soldados en sus extremos. Los anillos de cobre 2 están cerrados



105 por un extremo de cada uno de ellos excepto por aperturas que comuni-
can con tuberías de cobre 3. Las dimensiones de un tubo 1 que se han
usado con éxito son: longitud entre cobre y piezas 15 pulgadas, diáme-
tro 1,1/4 pulgadas.

El crisol se hace presionandolo en la forma representada
110 en los dibujos, siendo la máxima depresión de una profundidad de algo
más de media pulgada. En funcionamiento, el agua de refrigeración
está circulando a través del espacio hueco por debajo de la depresión.
Un calentador por inducción 4 consistente en tubos de cobre huecos
devanados en una bobina rodean una parte del crisol 1. El líquido de
115 refrigeración puede entonces circular a través de estos tubos de cobre
huecos. El crisol 1 está situado dentro de un tubo 5 hecho de silicio
para que el material del crisol pueda estar rodeado por una atmósfera
protectora, siendo el calentador por inducción 4 exterior al tubo 5.
El crisol 1 es entonces empujado o estirado por medios descritos a
120 continuación de forma que la longitud total del crisol 1 pase la bo-
bina 4.

El aparato representado en las figuras 3 y 4 se utiliza
para el refinamiento de zona de silicio. Como el silicio es de una re-
sistividad extraordinariamente alta, en frío es difícil inducir co-
125 rrientes en él. Por lo tanto inicialmente los anillos del suscepto 6
están situados en las proximidades de la bobina 4 y se calientan por
inducción de la bobina 1. El calor radiado de los anillos 6 eleva en-
tonces la temperatura del silicio suficientemente para disminuir su
resistencia y entonces se inducen suficientes corrientes parásitas en
130 él para fundir el silicio en una zona limitada inmediatamente dentro
de la bobina 4. Entonces se quitan los anillos del suscepto 6.

El gradiente de temperatura a cada lado de la zona limita-
da es muy abrupto puesto que el silicio se enfría por la circulación

335282

6.



del agua a través de las paredes huecas del crisol. Sin embargo, el
135 gradiente de temperatura permite que la zona fundida pase progresiva-
mente a través de la varilla de silicio que hay en el crisol, tenien-
do el material de las zonas inmediatas a la zona fundida en la direc-
ción del movimiento una temperatura suficientemente alta para tener
corrientes inducidas en ellas cuando el material llega al centro de
140 la bobina.

Los medios para provocar el atravesamiento de la zona
fundida se han representado diagramáticamente en la figura 5.

En esta figura el silicio 7 se representa contenido en
un crisol 1 de la clase antes descrita. Las tuberías de cobre 3 pa-
145 san a través del centro de soportes tubulares 8 fijados a placas fina-
les 9. Un tubo de silicio rodea el crisol 1 y está fijado a las pla-
cas finales 9 a prueba de gas. Las placas finales 9 están montadas
en una plataforma 10 que a su vez es soportada en ruedas 11 que van
por una pista 12. Saliendo de la plataforma 10 hay una tuerca 13
enganchada por un tornillo 14 que gira a través del engranaje 15 a
150 partir de un motor 16. El alojamiento flexible 17 sirve para que cir-
cule el agua de refrigeración a través de tuberías de cobre 3 a tra-
vés de las paredes huecas del crisol 1.

Un gas protector, como el argon, se hace que circule a
155 través del tubo de silicio 5 por un alojamiento flexible 18. Ajustan-
do la velocidad del motor 16 a la plataforma 10 que lleva el crisol 1
dentro de la atmósfera protectora de gas puede atravesarse después de
una bobina de calentamiento estacionaria 4 para llevar a cabo el pro-
ceso de refinamiento de zona a cualquier velocidad que se considere
160 necesaria o deseable y por inversión de la dirección de giro del mo-
tor 16 las pasadas del silicio 7 pueden darse en direcciones alterna-
tivas.



El proceso de refinamiento de zona es seguido por el proceso similar que utiliza el mismo aparato de elevación de zona utilizando fósforo como envenenador para producir una barra de silicón policristalino tipo n de 0,01 ohmios por centímetro de resistividad.

Dicha barra se corta con una sierra de diamante en láminas de silicio de aproximadamente doce milésimas de pulgada de espesor y puesto que el silicio tipo n es policristalino no es necesario orientarlo cuando se corta. Las láminas de material policristalino tipo n 20 de la figura 6a pueden tratarse entonces como si fueran de material monocristalino, principalmente se basan, pulen, limpian y montan en aparatos de deposición epitaxial en los que el silicio envenenado con boro de tribromuro de boro se lleva a un lado a una profundidad de aproximadamente 10 micras (figura 6b). Cada lámina puede recubrirse entonces con una capa de cera negra 22 aplicada a la cara tipo n y una máscara 23 (figura 6c), aplicada por un método fotolitográfico a la cara tipo p, pudiendo grabarse el último lado entonces selectivamente con una mezcla de ácido hidroflluorhídrico, ácido nítrico y agua y disolviendo la cera negra restante con tricloroetileno para dejar un disco libre (figura 6d). Después de limpiarlo, las conexiones óhmicas pueden hacerse a cada mesa para producir un diodo que tenga características zener.

En la descripción de la fabricación del diodo se han incluido los pasos de refinamiento de zona y de levantamiento de zona tiene que entenderse claramente que estos no son una parte esencial del proceso del invento y por lo tanto si el material policristalino de pureza y envenenamientos adecuados estuviera disponible, estos pasos se omitirían y se sustituirían por un solo paso, la fusión y resolidificación de este material en un aparato de "silver boat". Este único paso es esencial al invento y se incorpora en el levantamiento de zona y en la técnica de levantamiento de zona.

335282

8.



195 Para la preparación de material semiconductor monocristalino deben emplearse condiciones térmicas críticas y aparatos especiales y hay una limitación en el diámetro del cristal que puede hacerse. Aunque el mecanismo por el que se obtiene material policristalino en una condición adecuada para la fabricación de semiconductores, no se comprende totalmente, las ventajas de su uso comprenden el empleo de dispositivos semiconductores de mayor área puesto que
200 el material policristalino puede prepararse con un mayor diámetro que el material monocristalino, y porque las condiciones de fabricación son menos críticas, la producción de material policristalino es más sencilla y más barata.

Se sobreentiende que la descripción precedente de ejemplos específicos de este invento se ha hecho a título de ejemplo y no tiene que considerarse como una limitación de su alcance.
205

Este invento corresponde a una solicitud de patente formulada en Inglaterra el 4 de Enero de 1966 señalada con el n.º.277/66 y se acoge por lo tanto a los beneficios que otorgan los convenios internacionales vigentes.
210

----- N O T A -----

Los puntos de invención propia y nueva que se presentan para que sean objeto de esta patente de veinte años son los siguientes:

- 215
- semiconductor
- 1.- Un método para fabricar un dispositivo policristalino de unión que comprende los pasos de:
- fundir y resolidificar una carga de material policristalino semiconductor mediante el proceso silver boat;
- formar de dicha carga fundida y resolidificada un substrato policristalino que tiene una mayor superficie; y
220
- depositar por epitaxia una capa isomórfica de material semiconductor en dicha superficie mayor.

./..

335282

9.



2.- Un método como el del punto 1 en el que dicha capa :

225 la parte adyacente de dicho substrato son de conductividades opuestas formando una unión en la cara entre ellas.

3.- Un método como el del punto 2 en el que dicho material policristalino es silicio.

230 4.- Un método como el del punto 2 que comprende el paso adicional de formar contactos óhmicos en dicha capa y dicho substrato.

5.- Un método como el del punto 2 para fabricar semiconductores policristalinos de unión.

6.- Un método como el del punto 2 para fabricar semiconductores de geometría tipo mesa.

235 7.- Un método para fabricar un dispositivo semiconductor policristalino de unión.

Tal y como se ha descrito en la Memoria que antecede y representado en los dibujos que se acompañan y a los fines especificados.

240 Esta memoria consta de nueve hojas escritas por una sola cara.

4 ENE. 1967



EUGENIO BARROSO
Secretario General

2/A



335282

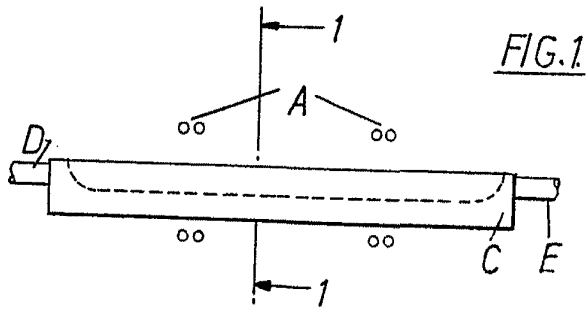


FIG. 2

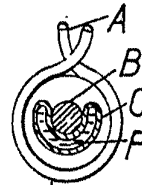


FIG. 3

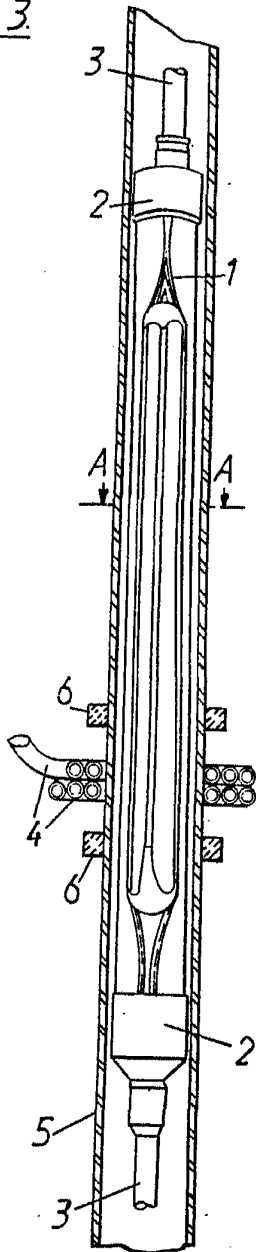


FIG. 4



4 ENE. 1917



Eugenio Barroso
 EUGENIO BARROSO
 Secretario General



335282

FIG. 5.

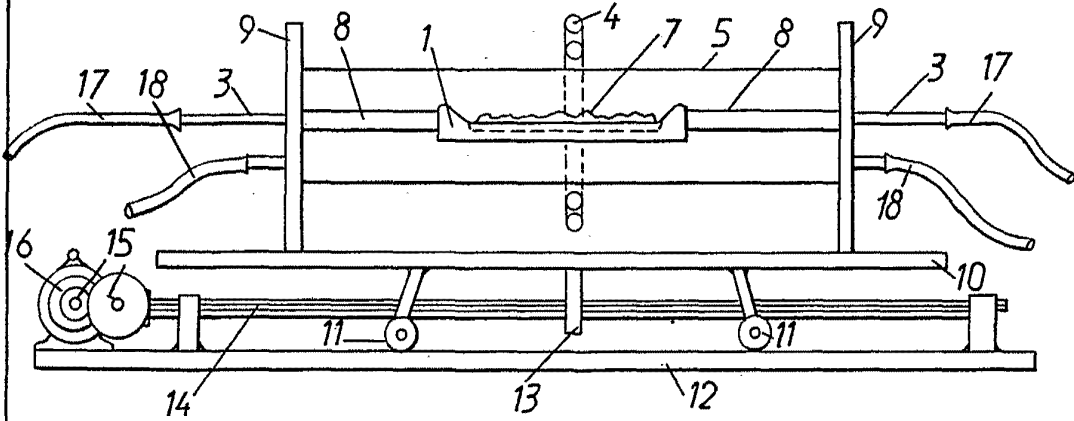
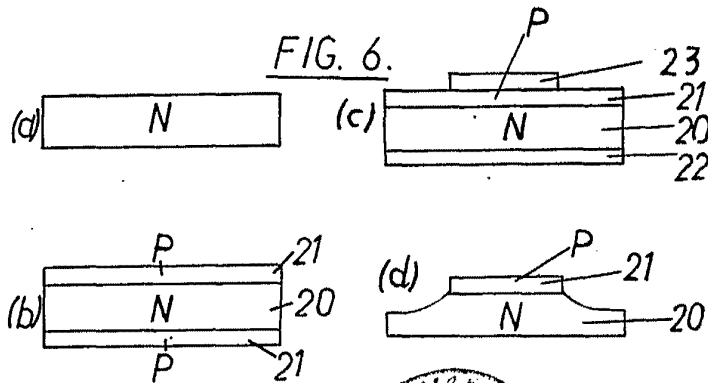
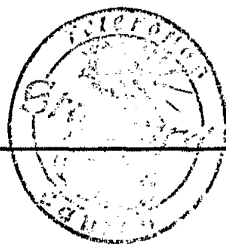


FIG. 6.



4 ENE. 1967



E. Barroso
 EUGENIO BARROSO
 Secretario General