

JE.



249909

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

a favor de

WESTERN ELECTRIC COMPANY, INCORPORATED, de nacionalidad
norteamericana, domiciliada en NEW YORK (E.U.) 195 Broadway

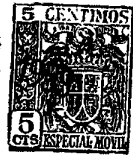
por:

"Procedimiento para introducir impurezas apreciables o
influyentes en un cuerpo semiconductor sólido".

M e m o r i a d e s c r i p t i v a .

Este invento se refiere a un procedimiento para
introducir impurezas apreciables o influyentes en silicio,
especialmente apropiado para la fabricación de dispositi-
vos semiconductores.

20 MAY.



es necesario, por lo general, producir al menos un empalme
rectificador en una masa de material semiconductor. Esto
se consigue comúnmente a partir de una masa de material se-
miconductor de un determinado tipo de conductividad, intro-
5 duciendo en este material una impureza del tipo designado
con los nombres de impurezas apreciables o impurezas influ-
yentes, para convertir una capa de la citada masa o cuerpo
en el tipo de conductividad opuesto. Los requisitos en cuan-
to al espesor de la capa convertida y a la concentración de
10 la impureza apreciable en ella dependen del dispositivo
que en particular se fabrique, y para muchos tipos de apa-
ratos, tanto el espesor como la concentración han de regu-
larse dentro de límites muy estrechos.

Uno de los procedimientos más corrientes para for-
15 mar capas de tipo de conductividad convertido es la difu-
sión de vapor en un sólido. Tal procedimiento consiste en
exponer una masa semiconductor a una atmósfera que contenga
un vapor de impurezas apreciable; esto se efectúa a tem-
peraturas elevadas, para que la impureza del vapor penetre
20 en la masa semiconductor y se difunda en ella con razona-
ble rapidez, a fin de permitir la producción de un empalme
rectificador P-N. La concentración de impureza apreciable,
y, en menor grado, el espesor de la capa difusa que se
obtiene mediante procedimientos de difusión de vapor en sólido,
25 dependen de la presión de vapor de la impureza en la
atmósfera que rodea el cuerpo semiconductor. Es decir, que
existe equilibrio entre la concentración de la impureza a-
preciable en la atmósfera y su concentración en la zona su-
perficial de la masa semiconductor. Así, la reproducibili-
30 dad de los resultados obtenidos por este procedimiento
ya conocido depende ampliamente de que pueda regularse de

249909



modo uniforme la presión del vapor de la impureza en la atmósfera contigua al cuerpo semiconductor. El presente procedimiento reduce al mínimo esta dependencia, con lo que mejora su reproductibilidad frente a los ya conocidos. Utilizando la forma preferida de realización del presente invento, se consiguen reproducibilidades con diferencias muy bajas, hasta de $\pm 2\%$.

El procedimiento del presente invento se compone de tres fases, la primera de las cuales es la de difusión de vapor en sólido. Un generador, de impurezas apreciables, es decir, un material capaz de proporcionar estas impurezas se calienta hasta vaporizarlo, y el vapor así formado se transporta a la superficie de la masa semiconductor. Las condiciones en que se efectúa la difusión se escogen para favorecer la formación de una capa de vidrio en la superficie del cuerpo de silicio. La difusión prosigue durante un periodo prefijado a temperatura prescrita, hasta producir una capa discreta, dentro del silicio, en la que predominan una impureza apreciable. En una forma preferida de realización en la que se aumenta la reproducibilidad, se introduce un exceso substancial de impureza apreciable en la atmósfera adyacente al cuerpo de silicio.

En la segunda fase del presente procedimiento, el cuerpo semiconductor se trata con un mordiente para eliminar el vidrio formado durante la primera fase de difusión. Se emplea un corrosivo que disuelve la capa vítrea y deja intactas la superficie de silicio y la capa difundida dentro del silicio.

La tercera fase del procedimiento, fase "expansiva", consiste en calentar el cuerpo de silicio que contiene la

20 MAR 1950
CENTROS
GENERAL MOT.

249909

capa difundida a una temperatura prescrita, y mantenerla a esta temperatura durante un tiempo prefijado. Durante esta fase, la capa de impureza apreciable producida en la fase de difusión aumenta en espesor por difusión hacia el interior de la masa de silicio.

Se ha observado un resultado insólito al practicar la forma preferida del procedimiento antes descrita, que emplea un exceso de impureza apreciable en el vapor.

En consecuencia, el invento proporciona un método para introducir una impureza apreciable en un cuerpo de silicio, el cual comprende las fases de poner este cuerpo en contacto con una atmósfera que contiene la impureza apreciable en estado de vapor, a una temperatura y en un momento adecuados para producir una capa vítrea en la superficie del cuerpo y una capa difusa de impureza apreciable en el mismo; aplicar al cuerpo o masa un mordiente para retirar la capa vitrea, y calentar la masa a una temperatura durante un lapso adecuados para que la impureza apreciable de la capa difusa se difunda más en el interior de la masa o cuerpo.

La concentración de impureza apreciable en la superficie del silicio, medida después de retirar la capa vitrea, ha resultado ser una constante independiente en lo esencial de la presión de vapor de la impureza apreciable, y también de la temperatura del silicio. Por ejemplo, empleando trióxido de boro (B_2O_3) como generador de impureza, la concentración de boro en la superficie de silicio después de la fase de difusión se aproxima a 4×10^{20} átomos de boro por l c.c., dentro de un margen de temperaturas de 700 a 1300°C en el material de origen y en el silicio. Se considera que



esta concentración substancialmente constante es un factor de importancia en la elevada reproductibilidad obtenida por la práctica de este invento.

5 El invento se comprenderá mejor por la siguiente descripción más detallada, referida a los dibujos adjuntos, en los cuales indican:

La figura 1, un esquema de un aparato adecuado para la práctica de la fase de difusión del presente invento;

10 La figura 2, un esquema de un segundo aparato que sirve para realizar la fase de difusión del invento;

La figura 3, un esquema de un aparato adecuado para la práctica de la fase expansiva del presente invento; y

15 Las figuras 4A a 4D, secciones de una porción partida de un cuerpo de silicio, que muestran cuatro etapas sucesivas en la producción de una capa de tipo de conductividad convertido, de acuerdo con el presente invento.

20 Con referencia particular y más concreta de los dibujos, la figura 1 muestra un tipo de aparato adecuado para producir una capa difusa en un cuerpo de silicio conforme al presente invento. En esta figura se ve un horno constituido por un tubo alargado -11- de sílice fundida, en el que hay una caja tapada -12-, con el cuerpo de silicio -13- que ha de tratarse y el generador de impurezas apreciables -14-. Como se ha indicado antes, una forma preferida de
25 ejecución del presente invento requiere un exceso de presión de vapor de la impureza apreciable en la atmósfera contigua al cuerpo semiconductor. Un método conveniente de conseguir tal exceso es el uso de una caja -12- como se indica en la figura 1.

30 La caja -12- se compone por necesidad de un material termoresistente, no afectado por las temperaturas emplea-



das en el procedimiento, el material debe ser también ino-
cua respecto al proceso de difusión, en el sentido de no
introducir impurezas en la atmósfera. La caja -12- no es
completamente hermética; se emplea una tapa -18- no ajus-
5 tada, por lo que es continuo el intercambio entre la atmós-
fera interna y la externa. Como puede apreciarse en la fi-
gura 1, el material -14- que suministra la impureza apre-
ciable se coloca adecuadamente en el fondo de la caja -12-.
La plataforma -15-, compuesta de material resistente al ca-
10 lor e inocuo respecto a la fase de difusión, sirve para pre-
servar el cuerpo -13- de contacto con el material proveedor
-14-. Son típicos materiales útiles para la caja de la pla-
taforma una cerámica, como alúmina fundida, o un metal no-
ble, como platino.

15 Se utilizan varillas de calefacción -16- para mante-
ner la provisión -14- y el cuerpo -13- a las temperaturas
adecuadas. Una atmósfera de gas se introduce por el extre-
mo izquierdo del tubo -11- del horno, y rebasa la caja -12-
donde se intercambia en parte con la atmósfera interior de
20 la misma. El tubo -11- se aísla con amianto -17- u otro
material aislante apropiado.

La figura 2 representa otro tipo de aparato utili-
zable en el presente invento. En esta figura se ve un tubo
alargado de horno -21-, de sílice fundida con el cuerpo o
25 masa de silicio -22- sobre un soporte -28-, y un recipiente
-29- para el material generador de impureza -23-. Los arro-
llamientos -24- mantienen el material -23- a la temperatura
deseada y se emplean barras de calefacción -25- para man-
tener el cuerpo -22- a la temperatura debida. La at-
30 mósfera de gas se introduce en el extremo izquierdo del



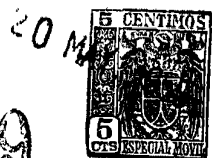
tubo -21-, y rebasa el respuesto -23-, donde el vapor con impurezas apreciables se mezcla con el gas. La atmósfera combinada se pone entonces en contacto con el cuerpo -22-. El tubo -21- está aislado con amianto -27- u otro material aislante adecuado.

La figura 3 muestra un aparato que sirve para la fase expansiva del presente invento, el cual comprende un tubo de horno -31- de sílice fundida, aislado con amianto-35- u otro material aislante adecuado. La masa de silicio -32- colocada en el tubo -31- sobre el soporte -36-, se calienta a temperaturas del orden deseado por medio de barras de calefacción -33-. En el extremo izquierdo del tubo -31- se introduce una atmósfera de gas.

Las figuras 4A a 4D muestran una porción de un cuerpo de silicio en varias fases durante la producción de una capa convertida de acuerdo con el presente invento. La figura 4A expone un cuerpo -41- de silicio de un tipo de conductividad. De acuerdo con la primera fase del presente procedimiento, la de difusión, el cuerpo -41- se coloca en un aparato similar al de las figuras 1 ó 2, y se expone allí a una atmósfera que contiene una impureza apreciable del tipo opuesto al que predomina en el cuerpo, durante un lapso prescrito y a temperatura elevada. Cualquier de las impurezas apreciables conocidas que han resultado útiles en métodos de difusión de vapor en sólido ya conocidos, puede emplearse en el presente invento, siempre que tales impurezas puedan formar vidrio con el silicio. Han resultado eficaces en este sentido el boro, el fósforo y el antimonio.

El cuerpo resultante de la fase de difusión se representa en la figura 4B. Una capa -43-, en la que predomina

249909



la impureza apreciable empleada en la fase de difusión, y una capa de vidrio -42-, se forman como muestra la figura 4B. Aunque esta figura es una sección partida, debe entenderse que la difusión se produce en todas las superficies expuestas del cuerpo -41-. Cuando se emplea como provisión trióxido de boro, B_2O_3 , por ejemplo, se supone que la capa vítrea -42- es una mezcla de dióxido de silicio, trióxido de boro, silicio y boro.

La figura 4C expone el cuerpo -41- después de quitar el vidrio -42-, lo cual se realiza tratando el cuerpo -41- con un mordiente que disuelve el vidrio y deja intacto el silicio. Un corrosivo adecuado para este fin es el ácido fluorhídrico, aunque puede emplearse cualquier mordiente con acción distinta sobre el silicio y sobre el vidrio. El cuerpo -41- queda así dispuesto para la fase final del procedimiento conforme al invento.

La última fase de este procedimiento, que es la de expansión, se realiza calentando el cuerpo -41-, con la capa convertida -43-, a una temperatura prescrita, durante cierto periodo de tiempo. El resultado de esta fase expansiva puede verse en la figura 4D. El grado de expansión es directamente proporcional al tiempo y la temperatura empleados. Como no se agrega más impureza apreciable en esta última fase, es evidente que, a medida que aumenta el espesor de la capa convertida, disminuye la concentración de impureza apreciable en la porción que representa la capa convertida -43- inicial.

Como ejemplo ilustrativo, se describe una fase de difusión de acuerdo con el invento, utilizando boro como impureza apreciable, y a base del aparato expuesto en la

20 MAY

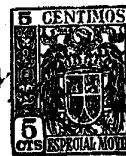


figura 1. El cuerpo de silicio -13- que ha de tratarse tiene que corroerse y pulirse primero del modo corriente, para obtener una superficie lisa continua. También es posible exponer el cuerpo de silicio pulido a una atmósfera oxidante, a elevada temperatura, para obtener una delgada capa de óxido en la superficie (véase la patente de E.U.A. 2.802.760).

Como muestra la figura 1, se emplea una caja -12- para alojar el cuerpo de silicio -13- y el material generador de la impureza -14-. Este material, por ejemplo, trióxido de boro, B_2O_3 , se coloca en el fondo de la caja -12-, y el cuerpo de silicio -13- se pone sobre la plataforma -15-, como indica la figura 1. Según se ha expuesto antes, el empleo de la caja -12-, cuyo diseño no es esencial, es característico de la forma preferida de realización de este invento. La caja -12-, al restringir el volumen dentro del cual se vaporiza el material de partida, y reducir substancialmente el efecto de dilución producido por el paso del gas atmosférico a través del tubo del horno, proporciona oportunamente un exceso de impureza apreciable en la atmósfera que rodea el cuerpo -13-.

La fase de difusión se puede conducir a una temperatura del orden de 700 a 1300°C, y el empleo de la caja permite mantener la provisión -14- y el silicio -13- a temperatura esencialmente igual. Las temperaturas máxima y mínima se basan en consideraciones que atañen al cuerpo de silicio. A temperaturas menores de 700°C, la difusión de la impureza apreciable es demasiado baja desde un punto de vista de practicabilidad, y a temperaturas por encima de 1300°C se puede picar el silicio. En casos en que se uti-



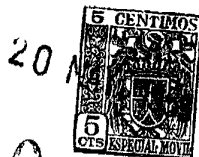
licen otras impurezas, aunque, rija la temperatura máxima de 1300°C, la mínima se puede aumentar por la baja presión de vapor del repuesto de impurezas empleado.

5 A temperaturas menores de unos 1150°C, el gas atmosférico puede ser cualquier gas inerte, como nitrógeno, argón o helio. A temperaturas superiores a unos 1150°C, ha resultado conveniente introducir oxígeno en la atmósfera, para evitar que se pique la superficie del silicio.

10 Se ha visto que a temperatura por encima de unos 1100°C se forma a veces un depósito oscuro en la superficie del cuerpo de silicio difundido, lo cual se ha atribuido a una presión de vapor demasiado alta del trióxido de boro. Sin embargo, este depósito se quita fácilmente con corrosivos tales como ácido nítrico o ácido sulfúrico, y
15 esto no parece afectar a la reproducibilidad del procedimiento ni acarrear ningún otro efecto nocivo.

Para evitar que se forme el depósito oscuro, puede usarse como material difusible, a las temperaturas más altas, una mezcla de trióxido de boro, B_2O_3 , y dióxido de silicio con presión de vapor más baja que la del trióxido de boro puro. En particular, ha resultado conveniente para este fin una mezcla de partes iguales en peso de trióxido de boro y dióxido de silicio. Esta mezcla, que tiene un punto de fusión de unos 940°C, puede emplearse satisfactoriamente
20 en una escala de temperaturas entre 950 y 1300°C, aproximadamente. La reproducibilidad no mengua por el uso de este material proveedor diluido.
25

Otro ejemplo ilustrativo de una fase de difusión conforme al presente invento se describe con referencia a la
30 figura 2, con pentóxido de fósforo, P_2O_5 , como fuente -23-



de impurezas apreciables. Esta difusión difiere de la de boro antes descrita en que el material de partida -23- y el cuerpo de silicio -22- se mantienen a temperaturas diferentes durante el proceso de difusión. El cuerpo de silicio -22- se ataca y pule del modo corriente, antes de la fase de difusión, para formar una superficie lisa continua; o bien puede oxidarse previamente, para obtener una delgada capa superficial de óxido. El citado cuerpo de silicio -22- se puede mantener a temperaturas del orden de 700 a 1300°C, por las razones antes expuestas con relación a la difusión de boro.

Para la práctica de la forma preferida, se ha determinado que la temperatura mínima del pentóxido de fósforo es de unos 275°C, y con preferencia entre 275 y 330°C. Sirven temperaturas inferiores a 275°C, pero con merma de la reproducibilidad.

La atmósfera introducida en el tubo de sílice fundida puede ser un gas inerte, tal como nitrógeno, argón o helio. Sin embargo, se prefiere una atmósfera que contenga oxígeno para difusiones a las temperaturas más altas del silicio, a fin de evitar que se pique el cuerpo de este material.

Como se ha indicado antes, un requisito previo primordial de la impureza apreciable adecuada para uso en la fase de difusión de este invento es que sea capaz de formar vidrio con silicio. En las ilustraciones ya descritas, las fuentes de impurezas apreciables consistían en óxidos de los elementos respectivos. Aunque el mecanismo no está bien comprendido aún, se sabe que el empleo de tales óxidos lleva a la formación de un vidrio en la superficie del cuerpo



de silicio, cualquiera que sea la composición de la atmósfera utilizada, y se utilice o no un cuerpo de silicio preoxidado. Si no se emplea un cuerpo de silicio preoxidado ni forma oxidada alguna de generadores de impurezas apreciables, se necesita una atmósfera oxidante para formar vidrio. O bien, de no emplear una forma oxidada de impureza apreciable ni una atmósfera oxidante, tiene que oxidarse previamente el cuerpo de silicio para que se forme el vidrio.

10 La fase expansiva se practica convenientemente en un aparato similar al representado en la figura 3. Para que no se pique el silicio, la atmósfera gaseosa se prefiere de oxígeno puro, o de una combinación de oxígeno y un gas inerte, como nitrógeno.

15 En general, la fase de expansión se desarrolla a una temperatura del orden de 700 a 1350°C. El límite inferior se rige por consideraciones prácticas, pues la difusión de impurezas apreciables es lenta a temperaturas menores de 700°C. El punto bajo de fusión del silicio impone un límite superior de 1350°C. El margen preferido de temperatura es de 1100 a 1300°C, y es ventajoso porque abrevia los tiempos.

20 El éxito del presente invento, en lo que concierne a la reproducibilidad, se atribuye en amplio grado a la formación de una capa vítrea en la superficie del silicio durante la fase de difusión, y a la eliminación de este vidrio antes de la fase de expansión. Se supone que la reproducibilidad aumenta porque la introducción de la impureza apreciable es más uniforme entre la fase vítrea y el silicio de lo que sería en procedimientos corrientes de difusión de vapor en sólido, donde la impureza apreciable entra en el silicio directamente desde la fase de vapor.

25

30



Como se ha indicado ya, la forma preferida de realización de este invento se practica utilizando una presión excesiva de vapor de la impureza apreciable durante la fase de difusión. En procedimientos anteriores, la concentración de impurezas apreciables en una capa formada por un procedimiento de difusión de vapor en sólido se regulaba vigilando la presión de vapor de la impureza apreciable en la atmósfera contigua al cuerpo semiconductor. De conformidad con tales procedimientos, aumentando o reduciendo la presión de vapor de la impureza apreciable crece o mengua proporcionalmente su concentración en la superficie del cuerpo semiconductor. En concordancia con lo observado en este invento, se ha determinado que existe un límite superior de presión de vapor, más allá del cual un nuevo aumento de la misma no produce una elevación correspondiente de la concentración superficial. En otras palabras, por encima de cierta presión de vapor, la presión superficial producida es constante, y no depende de la presión de vapor efectiva de la impureza apreciable.

La forma preferible de realización de este invento se practica utilizando presiones de vapor dentro del margen en que la concentración superficial no depende de ellas. Esta independencia imprevisible entre la concentración superficial y la presión de vapor de la impureza apreciable se ha observado solo cuando se forma una capa vitrea en la superficie del cuerpo de silicio, de acuerdo con las enseñanzas del invento.

A continuación se relacionan en forma tabular datos obtenidos de ejemplos típicos de la práctica del método preferido de este invento. La tabla 1 indica la resistividad laminar de 16 cuerpos de silicio difundidos, producidos en



cuatro tandas, a cuatro cuerpos por tanda, y lo hace de manera que puedan compararse entre si los de cada lote, y también las resistividades de los demás lotes.

Tabla 1

	<u>Cuerpo de silicio</u>	<u>Resistividad laminar ohms/cuadro)</u>	<u>Reproducibilidad</u>
5	A	2.11	
Ejemplo 1	B	2.03	± 4
	C	2.04	
	D	2.08	
10	A	2.12	
Ejemplo 2	B	2.16	± 4
	C	2.19	
	D	2.14	
15	A	2.12	
Ejemplo 3	B	2.14	± 2
	C	2.14	
	D	2.10	
20	A	2.14	
Ejemplo 4	B	2.10	± 2
	C	2.12	
	D	2.11	

La técnica experimental empleada en cada uno de los cuatro lotes relacionados como ejemplo 1 a 4 en la tabla 1 se expone a continuación. Cuatro cuerpos de silicio, de 10 milésimas de pulgada de espesor y 1/4 de pulgada en cua-

249909²⁰ MA



dro, con una resistividad de 0,4 ohm/cm., y conductividad de tipo N, se pulieron a máquina y se limpiaron del modo usual. Los cuatro cuerpos, juntamente con un material proveedor de trióxido de boro, se pusieron luego en una caja similar a la representada en la figura 1. La fase de difusión, según el presente invento, se efectuó en un aparato como el de la figura 1 durante un lapso de 60 minutos, a una temperatura de 1154° utilizando nitrógeno como gas atmosférico o ambiente. Los cuerpos difundidos resultantes se atacaron con ácido clorhídrico concentrado, para quitar la capa vítrea formada durante la fase de difusión. Luego se colocaron los cuatro cuerpos de silicio en un aparato similar al representado en la figura 3, y se mantuvieron a una temperatura de 1300°C por espacio de tres horas.

Como se aprecia en la tabla 1, la reproducibilidad dentro de un lote particular oscila entre ± 2 y ± 4 por 100, y se calcula tomando la mitad de la diferencia entre la resistividad laminar máxima y mínima en un mismo lote. Las resistividades laminares indicadas en la tabla 1 denotan correspondencia entre los distintos lotes.

La tabla 2 relaciona las medidas de resistividad laminar de 16 cuerpos de silicio difundidos, que se obtuvieron, conforme a este invento, utilizando pentóxido de fósforo como material difusible.



Tabla 2

249909

		<u>Cuerpo de silicio</u>	<u>Resistividad laminar (ohms/cuadro)</u>	<u>Reproducibilidad</u>
5	Ejemplo 5	A	.168	
		B	.169	
		C	.171	± 2
		D	.169	
10	Ejemplo 6	A	.159	
		B	.155	
		C	.159	± 5
		D	.164	
15	Ejemplo 7	A	.169	
		B	.169	
		C	.169	± 1
		D	.171	
20	Ejemplo 8	A	.169	
		B	.169	
		C	.172	± 2
		D	.171	

20 Se utilizó un aparato similar al representado en la figura 2, de acuerdo con este invento, para la fase de difusión al producir las muestras cuyas medidas se relacionan en la tabla 2. Los cuerpos de silicio, que eran de conductividad de tipo P y de una resistividad aproximada de 0,2

25 ohm/cm., se mantuvieron a una temperatura de 1250°C durante 40 minutos. La temperatura del generador de pentóxido de

20 MAY.



sentado en la figura 3, a una temperatura de 1300°C, durante un periodo de tres horas, empleando oxígeno como atmosfera gaseosa.

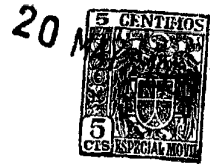
Tabla 3.

	<u>Cuerpo de silicio</u>	<u>Resistividad laminar (ohms/cuadro)</u>
5	A	51.8
Ejemplo 9	B	51.5
	C	53.0
	D	54.5
10	A	51.9
Ejemplo 10	B	50.7
	C	53.8
	D	54.5

15 La tabla 4 comprende las tensiones de ruptura de once diodos hechos con un cuerpo de silicio tratado de acuerdo con este invento. El cuerpo de silicio de que se hicieron los diodos era de conductividad tipo N, con resistividad de 1 ohm/cm. Se produce una capa de tipo P en el cuerpo,

20 conforme al presente invento, utilizando boro como impureza apreciable. La técnica experimental fué similar a la seguida para obtener los datos expuestos en la tabla 1, aunque en este caso el material proveedor consistió en partes iguales en peso de trióxido de boro y dióxido de silicio.

25 La fase de difusión se practicó a una temperatura de 1200°C, durante un lapso de una hora, empleando oxígeno como atmósfera gaseosa. Después de retirar la capa vítrea, el cuerpo de silicio se mantuvo a 1300°C por espacio de tres



horas. El cuerpo resultante se trata del modo usual, para producir once diodos cuyas tensiones de ruptura se relacionan en la tabla -4-.

Tabla 4

5	<u>Diodo</u>	<u>Tensión de ruptura (volts)</u>
	A	85
	B	85
	C	85
	D	85
10	E	84
	F	85
	G	85
	H	84
	I	84
15	J	85
	K	84

Como puede verse, las tensiones de ruptura indicadas en la tabla 4 son muy semejantes. Estos datos indican la uniformidad de una capa difusa producida según el invento.

20 La tabla 5 es una relación de tensiones de ruptura de diodos producidos de conformidad con el presente invento. Los ejemplos 12, 13 y 14 representan tres lotes distintos, de los cuales los de los ejemplos 12 y 13 consistían en cuatro cuerpos de silicio por lote, y el del ejemplo 14, en tres cuerpos de silicio.

25

20 MAY



249909

Tabla 5

		<u>Cuerpo de silicio</u>	<u>Tensión de ruptura (volts)</u>
5	Ejemplo 12	A	135
		B	132
		C	132
		D	135
10	Ejemplo 13	A	132
		B	126
		C	130
		D	132
15	Ejemplo 14	A	125
		B	131
		C	128

La técnica experimental fué similar a la empleada para obtener los datos de la tabla 5, salvo que la fase de difusión se condujo a 1300°C, durante 30 minutos.

Como puede apreciarse comparando las tensiones de ruptura de la tabla, se logró una buena reproducibilidad dentro de cada lote, y entre los distintos lotes. Los datos de la tabla 5, juntamente con los de la tabla 4, indican la buena reproducibilidad de los dispositivos producidos de acuerdo con el presente invento.

Otra ventaja de la forma de ejecución preferida, que proviene en gran parte del hecho de que la concentración superficial en el cuerpo difundido permanece constante, es que se pueden preparar tablas para calcular con antelación las temperaturas y los tiempos adecuados de las fases de

20



- 21 -

249909

5 difusión y expansión, a fin de obtener un resultado final
conveniente. Como la cantidad de impureza apreciable con-
tenida en la capa convertida después de la fase de difusión
es proporcional a su espesor, fijando el número de molécu-
5 las de impureza apreciable necesarias en la capa final des-
pués de la expansión, se regula el espesor adecuado de la
capa convertida que se obtiene durante la fase de difusión.
Tal espesor puede conseguirse por medio de cualquier combi-
nación adecuada de tiempo y temperatura, ya que la distri-
10 bución para cualquier espesor determinado no depende de esos
parámetros.

15 La fase de expansión es, en esencia, una redistribu-
ción de las moléculas de la impureza apreciable presente en
la capa formada durante la fase de difusión. En la fase de
expansión, al aumentar el espesor, disminuye la concentra-
ción superficial, y la relación entre estas variables es
bien conocida. Esto permite preparar gráficas que relacio-
nen los tiempos y las temperaturas convenientes para las
fases de difusión y expansión, a fin de obtener un resulta-
20 do final prescrito.

Aunque los ejemplos ilustrativos y las tablas de da-
tos que aquí se exponen guardan relación con el uso de fós-
foro, boro y antimonio, debe entenderse que el presente in-
vento se limita al empleo de estas únicas fuentes de impu-
25 rezas apreciables. Por el contrario, se considera que el
invento consiste en una sucesión de manipulaciones que, rea-
lizada en las condiciones descritas, conduce a resultados
altamente reproducibles. En consecuencia, el procedimiento
de esta patente puede ser variado o modificado por cualquier
30 experso en la materia, sin apartarse del espíritu y alcance
del invento.

20 MA



249909

N O T A

Se reivindica como objeto de esta patente:

1) Procedimiento para introducir impurezas aprecia-
bles o influyentes en un cuerpo semiconductor sólido, es-
5 pecialmente en un cuerpo de silicio, el cual comprende las
fase de poner el cuerpo en contacto con una atmósfera que
contiene la impureza apreciable en estado de vapor; carac-
terizado porque ese contacto se mantiene a una temperatura
y durante un lapso adecuados para producir una capa vítrea
10 en la superficie del citado cuerpo, y una capa difusa de im-
pureza apreciable en el cuerpo mismo; se ataca éste para
quitar la capa vitrea, y se calienta luego a una temperatu-
ra y durante un lapso convenientes para que la impureza apre-
ciable de la capa difusa se difunda más hacia el interior
15 del cuerpo referido.

2) Procedimiento según la reivindicación 1, carac-
terizado porque la presión de vapor de la impureza aprecia-
ble contenida en la atmósfera que envuelve el cuerpo es del
orden en que la concentración de tal impureza en la super-
20 ficie del cuerpo no depende en lo esencial de dicha presión
de vapor.

3) Procedimiento según las reivindicaciones 1 o 2,
caracterizado porque el material que proporciona la impure-
za y el cuerpo de silicio se encierran en un espacio confi-
25 nado, cuya atmósfera se intercambia continuamente con la
del exterior.

4) Procedimiento según cualquiera de las reivindi-
caciones 1 a 3, caracterizado porque la impureza apreciable,
en estado de vapor, se obtiene calentando un material de par

249909



tida que comprende trióxido de boro.

5) Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque la impureza apreciable en estado de vapor se obtiene calentando un material de partida que comprende pentóxido de fósforo.

6) Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque la impureza apreciable en estado de vapor se obtiene calentando un material de partida que comprende trióxido de antimonio.

7) Procedimiento para introducir impurezas apreciables o influyentes en un cuerpo semiconductor sólido.

Esta memoria consta de veintitrés páginas escritas por una sola cara.

BARCELONA, 20 MAY. 1959

P. A.

FIG. 1

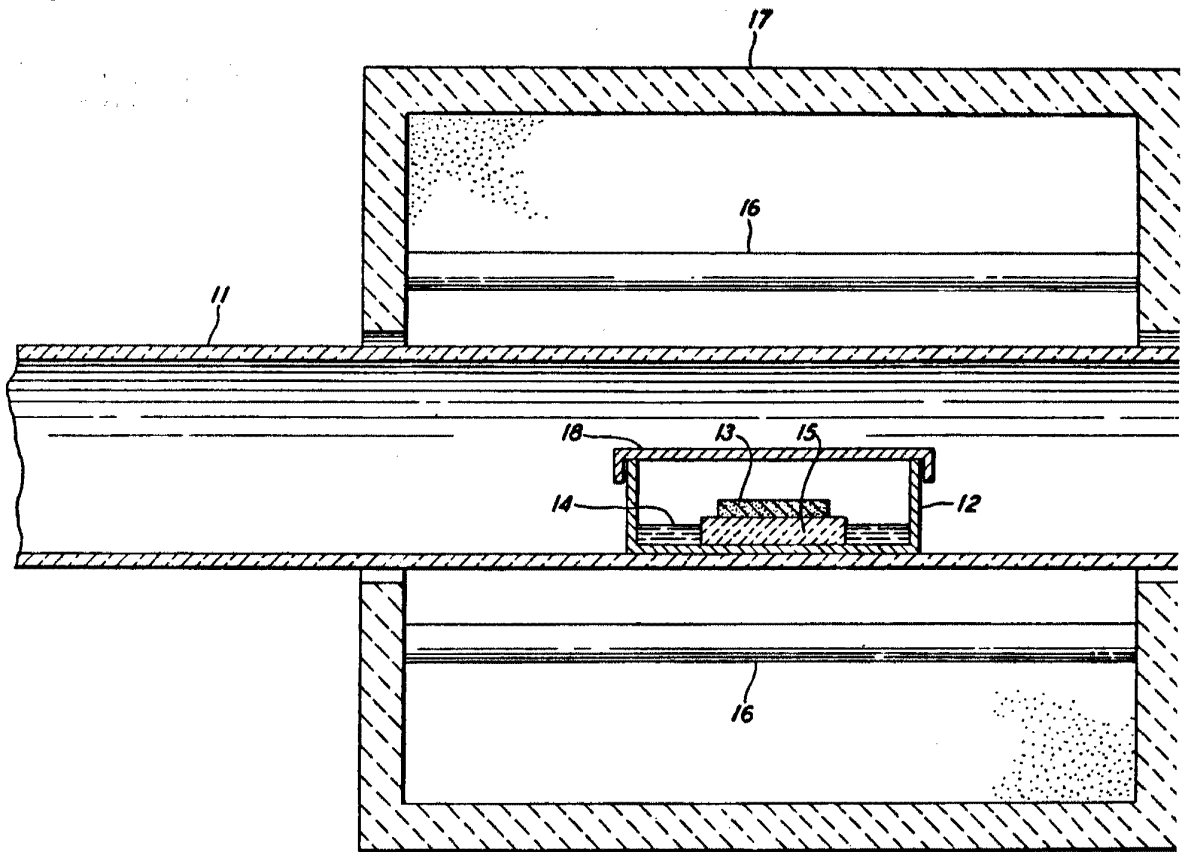
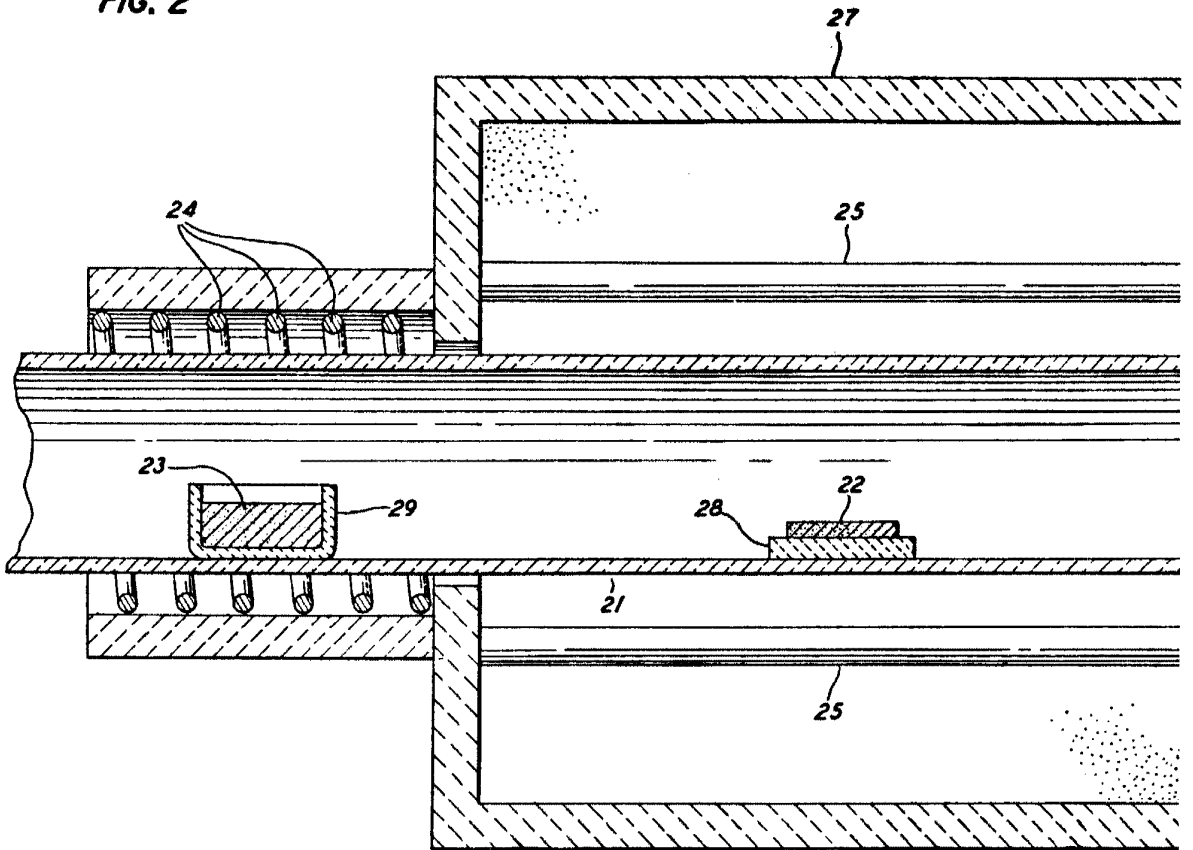


FIG. 2



20
5 CENTIMOS
6
20
5 CENTIMOS
6
ESPECIAL

HOWARD - 1

FIG. 3

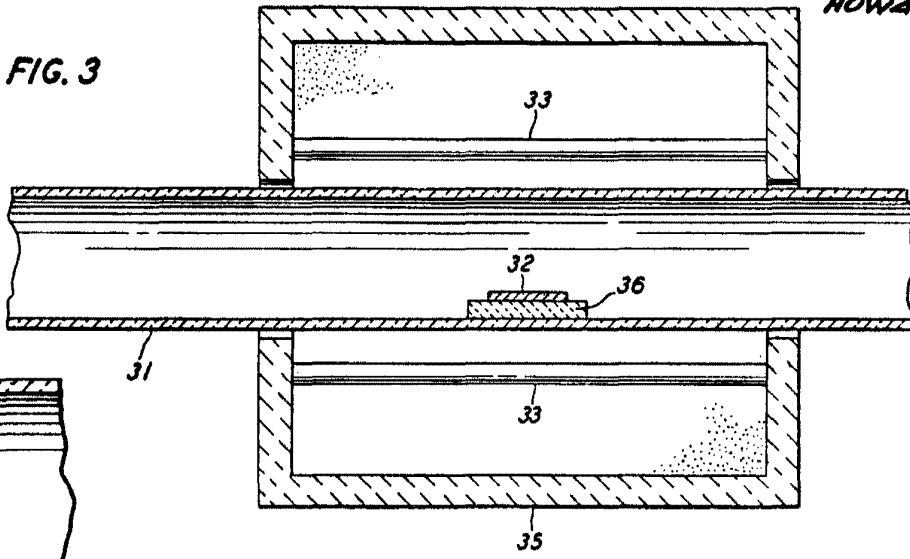


FIG. 4A

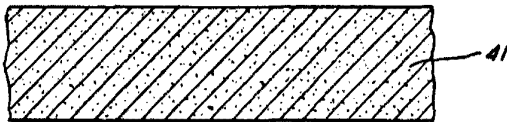


FIG. 4B

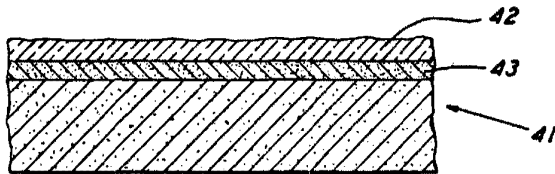


FIG. 4C

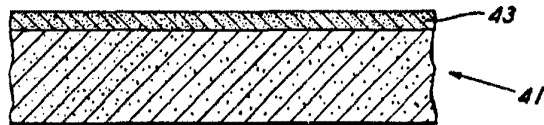
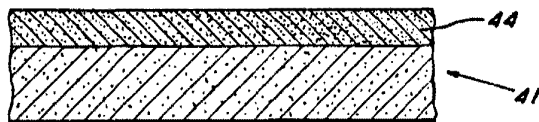


FIG 4D



pid.
JOSE M. ...
P.R.