



P-31.949

R C A 55.326

326632

MEMORIA DESCRIPTIVA

que se presenta para unir a la solicitud

d e

PATENTE D E INVENCION

formulada el 12 de mayo de 1966 con el número 326.632

e n

E S P A Ñ A

por VEINTE años

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

"UN DISPOSITIVO SEMICONDUCTOR"

---

Esta invención se refiere a dispositivos semiconductores perfeccionados y, más en particular, a dispositivos semiconductores perfeccionados de tres terminales, que pueden ser activados para pasar del estado no conductor al estado conductor mediante la aplicación de una corriente de señal entre los terminales del dispositivo y que pueden tener actuaciones de bloqueo o de conducción en cualquier sentido.

5  
10 Un tipo de dispositivo semiconductor, tal como el tipo descrito en la patente norteamericana No. 3.124.703,

326632

28



concedida el 10 de marzo de 1964 a T.P. Sylvan, está hecho de un cuerpo semiconductor con cuatro zonas o capas de tipos de conductividad alternativamente diferentes en una configuración PNPN; tres barreras rectificadoras o uniones PN entre las cuatro zonas; y unos electrodos unidos a tres de las cuatro zonas. Un electrodo del dispositivo está unido a la región exterior de tipo N, y puede llamarse cátodo del dispositivo; otro electrodo del dispositivo está unido a la región exterior de tipo P, y puede denominarse ánodo del dispositivo; y el tercer electrodo del dispositivo, que puede denominarse electrodo de control o de barrera, está unido a la región interior de tipo P adyacente al cátodo. Los dispositivos de este tipo se conocen como rectificadores controlados o como tiristores y, mediante la aplicación de un impulso de baja intensidad de corriente y baja tensión entre el electrodo de control y el cátodo, puede pasarse de estado no conductor a estado conductor entre el ánodo y el cátodo en un sentido únicamente, es decir, el sentido en el que el ánodo es el polo positivo y el cátodo es el polo negativo.

Con objeto de crear dispositivos que puedan ser hechos pasar por una corriente de señal de cualquier polaridad de un estado no conductor a un estado conductor, se han hecho unidades más complejas que comprenden un cuerpo u oblea semiconductor con cinco zonas o regiones de tipos de conductividad alternativamente diferentes en una configuración NPNPN. Estos dispositivos, que pueden denominarse tiristores bidireccionales, tienen cuatro barreras rectificadoras o uniones PN entre las cinco zonas y tres electrodos o terminales. Véase, por ejemplo, la exposición de Gentry

326632

28 u



y otros "BIDIRECTIONAL TRIODE P-N-P-N SWITCHES", Proc. IEEE, Abril de 1965, pág. 355-369. Aunque se han fabricado dispositivos de este tipo, es deseable una mejora en varios aspectos. Por ejemplo, una región del tiristor bidireccional sirve de resistencia para gobernar la corriente activación que se aplica al electrodo de control. En los tiristores bidireccionales de la técnica anterior, esta región resistiva está situada de modo que después de que se forma en el cuerpo semiconductor del dispositivo, su valor óhmico eléctrico (denominado valor resistivo en derivación) puede ser afectado por sucesivas etapas de tratamiento, tales como exposición a agentes de ataque químico o a atmósferas ambiente. Además, en los tiristores bidireccionales de la técnica anterior, cuatro o más de las regiones de diferente tipo de conductividad están descubiertas en los bordes del dispositivo semiconductor, haciendo indebidamente sensible el dispositivo a las corrientes de fuga o escape superficiales. Por otra parte, en los tiristores bidireccionales de la técnica anterior, el cuerpo semiconductor, relativamente grande, que se emplea, no se utiliza de una manera eficaz. Además, en las unidades de la técnica anterior, la corriente de control precisada para conmutar el dispositivo es de mayor intensidad en algunos modos de funcionamiento que en otros, aunque es deseable para facilitar el diseño del circuito que la corriente de control precisada para fines de conmutación sea sustancialmente idéntica en todos los modos de funcionamiento.

La presente invención se describirá ahora en unión de los dibujos que se acompañan, en los que:

La figura 1 es una vista fragmentaria, parcialmen-

326632



te en sección transversal, de un dispositivo semiconductor de acuerdo con una primera realización de la invención.

5 La figura 2 es una vista fragmentaria, parcialmente en sección transversal, de un dispositivo semiconductor de acuerdo con otra realización.

La figura 3 es una vista fragmentaria, parcialmente en sección transversal de un dispositivo semiconductor de acuerdo con una tercera realización.

10 La figura 4 es una vista fragmentaria, parcialmente en sección transversal, de un dispositivo semiconductor de acuerdo con una cuarta realización.

La figura 5 es una vista en sección transversal de un dispositivo semiconductor de acuerdo con una quinta realización.

15 Las figuras 6a y 6b son vistas en planta de las caras inferior y superior, respectivamente, del dispositivo de la figura 5 en una etapa de la fabricación del dispositivo.

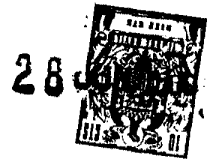
20 La figura 6 c es una vista en planta de la cara superior del dispositivo de la figura 5 en una etapa posterior de la fabricación del dispositivo.

25 Las figuras 7a-7d son vistas esquemáticas de un transistor NPN, un transistor PNP, un tiristor y un tiristor bidireccional, respectivamente, de acuerdo con la técnica anterior.

La figura 8 es una representación gráfica de la corriente de salida en función de la tensión para un tiristor bidireccional. Y

30 La figura 9 es una vista en sección transversal de un tiristor bidireccional de la técnica anterior.

326632



En las figuras 7a-7d se ha ilustrado la relación de los tiristores bidireccionales de la técnica anterior a los transistores de la técnica anterior y a los tiristores unidireccionales de la técnica anterior, tales como rectificadores controlados.

5

Un transistor NPN convencional (figura 7a) tiene una región de emisor de tipo N junto a un extremo o superficie del dispositivo; una región de colector de tipo N junto al extremo o superficie opuesta del dispositivo y una región de base de tipo P central. Los electrodos emisor, base y colector son generalmente masas metálicas unidas a las regiones de emisor, de base y de colector. Los conductores de emisor, de base y de colector son alambres conductores eléctricos unidos a los electrodos emisor, base y colector, respectivamente.

ñP

15

Un transistor PNP convencional (figura 7b) tiene invertidos los tipos de conductividad de las diversas regiones del dispositivo de modo que las regiones de emisor y de colector del transistor PNP son de tipo P, en tanto que la región de base entre ellas es de tipo N.

20

El dispositivo conocido como rectificador controlado o tiristor (figura 7c) es, como se ha mencionado anteriormente, un cuerpo semiconductor único con cuatro zonas de diferente tipo de conductividad y tres uniones PN entre las cuatro zonas. Sin embargo, puede comprenderse mejor el funcionamiento del tiristor considerándolo como una combinación de dos transistores, consistente en un transistor NPN conectado con un transistor PNP de modo que la base de tipo P de la unidad NPN está conectada a, o en común con, el emisor de tipo P del transistor PNP, en tanto que el colector de tipo N del transistor NPN está conectado a, o en común con, la ba-

25

30

326632



se de tipo N del transistor PNP. Esta parte común de tipo N, que es una zona o región única en un dispositivo real, no tiene unido a ella un electrodo, y se conoce como capa de bloqueo del dispositivo. La acción de conmutación característica del dispositivo tiene lugar cuando la suma del alfa (relación de transferencia de corriente) del transistor NPN y el alfa del transistor PNP pasa de la unidad. El dispositivo se hace entonces conductor en el sentido directo únicamente, es decir, en el sentido en que los electrones pasan de la región de tipo N denominada "región de cátodo" a la región de tipo P denominada "región de ánodo" en tanto que la circulación de la corriente es en el sentido opuesto. Las características eléctricas de un tiristor son en alguno aspectos similares a las de un tiratron, del cual se deriva el nombre. Una descripción de la acción de tiratron de una clase de dispositivos semiconductores llamados tiristores puede verse en la obra de G.W. Muller y J. Hilibrand, "THE THYRISTOR-A NEW HIGH-SPEED SWITCHING TRANSISTOR", IRE TRANSACTIONS ON ELECTRON DEVICES, Enero de 1958.

El tiristor bidireccional (figura 7d) es un cuerpo semiconductor único con cinco zonas de diferente tipo de conductividad y cuatro uniones PN entre las cinco zonas. Al considerar su funcionamiento, puede suponerse que es una combinación de un tiristor NPNP con un tiristor PNP, estando la combinación hecha de modo que tres zonas del primer tiristor estén en conexión eléctrica (o en común) con tres zonas del segundo tiristor. La zona del dispositivo que no tiene ningún electrodo unido a ella, se conoce como capa de bloqueo.

En los dispositivos de las figuras 7a-7c, cada electrodo del dispositivo es una masa metálica en contacto con una

326632

28



sola región de un tipo de conductividad. En contraposición, en el tiristor bidireccional (figura 7d), cada electrodo del dispositivo es una masa metálica en contacto con dos zonas o regiones contiguas de tipo de conductividad opuesto, y, por consiguiente, puede denominarse electrodo bipolar.

Las características eléctricas de un tiristor bidireccional están ilustradas en la figura 8 por la curva de corriente en función de tensión (I-V). Considérese la parte de la curva en el cuadrante superior derecho o primero. Con una polarización de control de valor cero, la aplicación de una tensión en los electrodos de corriente del dispositivo da por resultado un aumento muy lento de la corriente de salida, como viene indicado por la somera pendiente positiva de la curva que lleva la leyenda "A". En esta parte "A" de la curva, el dispositivo se encuentra en estado no conductor. Cuando la tensión aplicada alcanza un valor particular conocido como tensión de descarga  $V_B$ , hay una región resistiva negativa transitoria en la curva I-V, que se representa con una línea de trazos bajo la leyenda "B". El dispositivo pasa entonces a ser conductor, y la corriente de salida aumenta bruscamente con la tensión aplicada, como viene representado por la fuerte pendiente positiva de la parte "C" de la curva. La corriente de salida, cuando el dispositivo se hace conductor, se conoce como corriente de retención  $I_H$ . El dispositivo permanecerá en el estado conductor hasta que la corriente de salida sea mayor que la corriente de retención, pero pasará al estado no conductor si la corriente de salida cae por debajo del valor de la corriente de retención. La parte de la curva en el cuadrante inferior de la izquierda o tercero es generalmente simétrica respecto a la parte en el primer cuadrante.



estando invertidas la polaridad de la tensión aplicada y la polaridad de la corriente de salida y las pendientes de las partes comparables de la curva I-V. En ambos cuadrantes, la aplicación de un impulso de baja intensidad de corriente y de baja tensión de cualquier polaridad entre el electrodo de control y el primer electrodo de corriente hace que el dispositivo pase del estado no conductor al estado conductor en cualquier sentido.

En la figura 9 ha sido ilustrada la estructura de un tiristor bidireccional de la técnica anterior. Cuatro zonas o regiones de diferente conductividad del dispositivo, junto con tres barreras rectificadoras diferentes entre las cuatro regiones, están descubiertas en los bordes del cuerpo semiconductor, aumentando con ello de manera indeseada las corrientes de fuga superficiales de la unidad. Además, los valores resistivos en derivación de estos dispositivos de la técnica anterior no son tan estables con el tiempo o tan uniformes de un dispositivo a otro como es deseable.

#### EJEMPLO I

Un dispositivo semiconductor 10 (figura 1) de acuerdo con una primera realización de la invención comprende un cuerpo semiconductor cristalino 11 dotado de dos caras principales o mayores opuestas 12 y 13, dos zonas 14 y 15 de un tipo dado de conductividad inmediatamente junto a las caras principales 12 y 13, respectivamente, y una zona 16 de tipo de conductividad opuesto entre dichas dos zonas de tipo dado. El tamaño, la forma, la composición y la conductividad precisos del cuerpo semiconductor 11 no son críticos. Convenientemente, el cuerpo semiconductor 11 consiste en silicio monocristalino de tipo N, tiene una resistividad de aproxi-

326632



madamente 8 ohm-cm y tiene la forma de un disco de aproximadamente 3,25 mm de diámetro y aproximadamente 0,2 mm de espesor. Las dos zonas o regiones 14 y 15 de tipo P son formadas en la oblea 11 junto a las caras principales 12 y 13 respectivamente, por métodos normales de la técnica, por ejemplo, mediante difusión de un aceptador, tal como un compuesto de boro, por ejemplo, óxido bórico, en las caras principales 12 y 13 de la oblea. Las zonas 14 y 15 tienen, cada una, convenientemente un espesor de aproximadamente 0,05mm.

Ventajosamente, una parte delgada de cada zona de tipo P inmediatamente junto a cada cara principal o mayor de la oblea está más fuertemente activada que el resto de dicha zona de tipo P y, por tanto, tiene una baja resistividad. En lo que sigue, las regiones de tipo P de baja resistividad y fuertemente activadas se denominan regiones P+ y las regiones de tipo N de baja resistividad y fuertemente activadas se denominan regiones N+. Tales partes superficiales de baja resistividad y fuertemente activadas de las dos zonas de la oblea se forman fácilmente mediante una operación de difusión adicional. En este ejemplo, una parte 14' de tipo P+ de baja resistividad y fuertemente activada de la zona 14 de tipo P está formada a manera de una región anular inmediatamente junto a la cara 12 de la oblea y cerca de la periferia de la cara 12 de la oblea, pero separada de ella. Convenientemente, la región P+ 14' tiene un espesor de aproximadamente 0,02 mm, un diámetro exterior de aproximadamente 2,75 mm y un diámetro interior de aproximadamente 2 mm. Al mismo tiempo, se forma una región anular P+ 15' en la zona 15 inmediatamente junto a la cara 13 de la oblea. La región



P+ 15' tiene también un espesor de aproximadamente 0,02 mm, un diámetro exterior de aproximadamente 2 mm y un diámetro interior de aproximadamente 1 mm. Adecuadamente, el diámetro exterior de la región o parte P+ 15' es aproximadamente igual al diámetro interior de la región P+ 14'. Las partes P+ 14' y 15' no se extienden hasta los bordes de la oblea y están descubiertas solamente en las caras principales de la oblea.

Los dispositivos de acuerdo con la invención pueden fabricarse sin las partes P+ 14' y 15' en las zonas de tipo P pero su presencia mejora las características eléctricas del dispositivo.

La parte restante central 16 de la oblea 11 consiste en el silicio original de tipo N de la oblea. Una barrera rectificadora 17 está formada en el límite entre la zona 14 de tipo P y la parte o zona 16 central de tipo N. Otra barrera rectificadora 18 está formada en el límite entre la zona 15 de tipo P y la zona central 16 de tipo N.

Ahora, se forman regiones de tipo de conductividad dado y fuertemente activadas de baja, resistividad, en las zonas superficiales 14 y 15 de tipo opuesto por técnicas normales. En un método se enmascaran partes predeterminadas de las caras principales 12 y 13, por ejemplo por técnicas fotolitográficas normales de la técnica. Después, se calienta la oblea de silicio 11 en los vapores de una sustancia, tal como pentóxido de fósforo, que es un donador en el cuerpo semiconductor 11. Se forma así una pluralidad de regiones de tipo N+ activadas con fósforo en las zonas 14 y 15 de tipo P activadas con boro inmediatamente junto a las caras 12 y 13, respectivamente, de la oblea. Una región difundida 19 de tipo N+ así formada está en la parte central de las zonas 15 de tipo P

326632<sup>28</sup>



activadas con boro inmediatamente junto a las caras 12 y 13, respectivamente, de la oblea. Una región difundida 19 de tipo N+ así formada está en la parte central de las zonas 15 de tipo P inmediatamente junto a la cara 13 de la oblea. Una segunda región difundida 20 de tipo N+ inmediatamente junto a la cara 13 de la oblea está formada en la zona 15 de tipo P en torno de la periferia de la región 19, pero separada de ella, y es de forma anular. La región N+ 20 puede disponerse justamente hacia afuera de la región P+ 15'. Se forman regiones difundidas tercera y cuarta 22 y 23 de tipo N+, que son también de forma anular, en la zona 14 de tipo P inmediatamente junto a la cara 12 de la oblea. El espesor de todas estas regiones difundidas es menor que el espesor de las zonas 14 y 15 de tipo P y es convenientemente de aproximadamente 0,02 milímetros.

Las regiones 22 y 23 de tipo N+ de la zona 14 se fabrican convenientemente formando primero una sola región anular ancha de tipo N+ en la zona 14. Se emplean métodos convencionales de enmascaramiento y de ataque químico de la técnica, tales como métodos fotolitográficos, para formar una garganta o foso anular 21 en la región difundida N+ antes citada en la cara 12 de la oblea 11. La profundidad del foso 21 se hace menor que el espesor de la zona 14 de tipo P, pero mayor que el espesor de la región difundida N+ en la zona 14, y, por tanto, es bastante profundo para dividir la región difundida N+ junto a la cara 12 de la oblea en dos regiones anulares; una región más pequeña 22 junto al centro de la oblea 11 y una región más grande 23, que está en torno de la periferia exterior de la región 22, pero separada de ella por el foso 21. El foso 21 está inmediatamente junto a la periferia exterior de la región 22

326632



y a la periferia interior de la región 23. En este ejemplo el foso 21 tiene una anchura de aproximadamente 0,125 milímetros y una profundidad de aproximadamente 0,0225 milímetros.

5                   A continuación, se forman en el dispositivo los electrodos conductores. Se deposita por cualquier método conveniente, tal como por evaporación o chapeado, una capa de un metal o una aleación conductora sobre partes seleccionadas de las caras principales 12 y 13 de la oblea. Una de  
10                   tales masas metálicas 24 en la parte central de la cara 12 de la oblea se extiende hasta la periferia exterior de la región anular 22 de tipo N+ y hasta la periferia interior del foso 21. La masa metálica 24 sirve de electrodo de control y está en contacto directo tanto con una región de tipo P de la oblea (el centro de la zona 14 de tipo P) como  
15                   con una región de tipo N de la oblea (la región anular 22).

                  Otra masa metálica 25 se deposita en forma de anillo sobre la cara 12 de la oblea entre la periferia exterior del foso 21 y la periferia de la cara 12 de la oblea. La  
20                   masa metálica 25 sirve de primer electrodo de corriente del dispositivo y está en contacto directo tanto con la región anular 23 de tipo N como con la parte periférica de la zona 14 de tipo P:

                  Una tercera masa metálica o electrodo 26 cubre la  
25                   cara 13 de la oblea. La masa o capa metálica 26 es el segundo electrodo de corriente del dispositivo y está en contacto directo con la zona 15 de tipo P, así como con las regiones difundidas 19 y 20 de tipo N+.

                  Para completar el dispositivo, se fija un alambre  
30                   conductor eléctrico 27 al primer electrodo de corriente 25

32663228



por cualquier método conveniente, tal como por termocompresión o adherencia ultrasónica. Se fija de manera similar al electrodo de control 24 otro alambre conductor eléctrico 28.

5 Las operaciones sucesivas de montar el dispositivo con el electrodo de corriente 26 sobre un colector metálico, y de encapsular y de enfundar el dispositivo se llevan a cabo por métodos normales de la técnica, y no es necesario describirlos en esta memoria.

10 Cuando el dispositivo de este ejemplo está funcionando en el primer cuadrante de la gráfica I-V (figura 3), la región 23 de tipo N<sup>+</sup> inyecta electrones hacia la capa de bloqueo 16 y se conoce como emisor N del primer cuadrante, en tanto que la parte de la zona 15 de tipo P, que está entre las regiones 19 y 20 de tipo N<sup>+</sup>, inyecta agujeros u  
15 hoyos hacia la capa de bloqueo 16 y se conoce como emisor P del primer cuadrante. Cuando el dispositivo está funcionando en el tercer cuadrante, la región 20 de tipo N<sup>+</sup> inyecta electrones hacia la capa de bloqueo 16 y se conoce como emisor N del tercer cuadrante, en tanto que la parte de la zona  
20 14 de tipo P que está entre la región 23 de tipo N<sup>+</sup> y la periferia exterior de la zona 14, inyecta agujeros u hoyos hacia la capa de bloqueo 16 y se conoce como emisor P del tercer cuadrante.

25 En el funcionamiento del dispositivo con una polarización de control positiva, la región de la oblea indicada por la llave 13, que consiste en la parte de la zona 14 de tipo P bajo la región anular 23 de tipo N, sirve de resistencia en dirección. Cuando el dispositivo es hecho funcionar con una polarización de control negativa, la región  
30 de la oblea indicada por la llave 29', que consiste en la

326632



parte de la zona 14 de tipo P bajo la región anular 22 de tipo N+, sirve de resistencia en derivación.

El significado físico de la región resistiva en derivación de la oblea se explica luego en los términos siguientes: cuando la caída de tensión (IR) a través de la región alcanza un valor particular, comienza la emisión de electrones de uno de los emisores N+ a la capa de bloqueo y ésto hace que el dispositivo pase al estado de "activación" o conductor. Como la resistencia en derivación determina así el valor de la corriente de control, al que se produce la conmutación o paso del dispositivo, es importante que la resistencia en derivación sea estable con el tiempo y sea uniforme de un dispositivo a otro.

Una característica del dispositivo es que las regiones resistivas en derivación que hay en él no resultan afectadas por las operaciones de tratamiento subsiguientes, tal como la exposición a agentes de ataque químico. Se obtiene así una estabilidad y una uniformidad mejoradas de los parámetros eléctricos.

Otra característica del dispositivo es que solo están descubiertas tres zonas o regiones de diferente tipo de conductividad en los bordes de la oblea o cuerpo semiconductor. Las zonas descubiertas en los bordes de la oblea consisten en una zona central de tipo de conductividad dado y en dos zonas de tipo de conductividad opuesto contiguas a las dos caras principales opuestas, respectivamente, de la oblea. Como resultado de esta estructura, las corrientes de fuga superficiales, que tienden a degradar el rendimiento del dispositivo, se reducen al mínimo. Los dispositivos comparables en la técnica anterior tienen cuatro o

326632 28



más regiones de diferente tipo de conductividad descubiertas en los bordes del cuerpo semiconductor y, por tanto, tienen más corrientes de fuga superficiales que el dispositivo descrito en esta memoria.

5                    Los dispositivos de este ejemplo pueden ser conmutados o activados del estado no conductor al estado conductor mediante la aplicación de un impulso de baja tensión y de baja intensidad de corriente de cualquier polaridad aplicado entre el primer electrodo de corriente y el electrodo  
10 de control. La tensión de activación requerida para esta finalidad puede ser tan pequeña como dos o tres voltios. En los dispositivos de los siguientes ejemplos, la tensión de activación requerida es incluso menor, reduciéndose hasta aproximadamente 0,8 a 1,5 voltios.

15                    EJEMPLO II

                  El tiristor bidireccional 30 (figura 2) de este ejemplo, comprende un cuerpo semiconductor monocristalino de oblea 31 dotado de dos caras mayores o principales opuestas 32 y 33. El tamaño, la forma y la composición precisos  
20 del cuerpo semiconductor 31 no son críticos. El cuerpo semiconductor 31 puede ser de forma de disco, como en el ejemplo anterior, y puede consistir en una aleación de silicio y germanio de tipo N. Se forman dos zonas o regiones 34 y  
25 35 de tipo P en el cuerpo 31 inmediatamente junto a las caras principales 32 y 33, respectivamente. Las zonas 34 y 35 pueden formarse por técnicas de difusión, como en el ejemplo 1, o por desarrollo epitaxial de capas semiconductoras de tipo P sobre un sustrato semiconductor de tipo N. Una  
30 parte superficial anular 34' de la zona 34 se hace de tipo P+ y una parte superficial anular 35' de la zona 35 se hace



también de tipo P+. Convenientemente, se hacen las partes 34' y 35' simultáneamente de tipo P mediante una operación de difusión adicional. La parte o zona central 36 de la oblea 31, que está entre las zonas 34 y 35, consiste en el semiconductor original de tipo N. Se forman unas barreras rectificadoras 37 y 38 en los límites entre las zonas 34 y 35 de tipo P, respectivamente, y la zona central 36 de tipo N.

Se enmascaran unas partes predeterminadas de las caras principales 32 y 33 de la oblea, por ejemplo, por una foto-reserva, y se trata después la oblea enmascarada en los vapores de un donador adecuado para formar una pluralidad de regiones de tipo N+ en las zonas 34 y 35 de tipo P. Se forma una primera región anular 39 de tipo N+ junto al centro de la zona 35 de tipo P e inmediatamente junto a la cara 33 de la oblea. Se forma una segunda región anular 40 de tipo N+ en la zona 35 de tipo P inmediatamente junto a la cara 33 de la oblea y en torno de la periferia exterior de la región 39, pero separada de ella. La región 40 se hace más estrecha que la región 39. Se forma una tercera región N+ difundida 41 en la zona 34 de tipo P inmediatamente junto a la cara 32 de la oblea y en su parte central. Se forma una cuarta región difundida 42 de tipo N+ en la zona 34 de tipo P en torno de la periferia exterior de la región 41, pero separada de ella, y que es de forma anular. Como en el ejemplo 1, las regiones N+ difundidas 39-42 son más delgadas que las zonas 34 y 35 de tipo P. Convenientemente, se selecciona la anchura de las diversas regiones difundidas de modo que la periferia interior de la región anular 39 está debajo de la periferia exterior de la región 41, la perife-

3266382 JUN 74



ria exterior de la región 39 esté debajo de la periferia interior de la región 42 y la periferia interior de la región 40 esté debajo de la periferia exterior de la región 42.

5                   Se emplean métodos fotolitográficos normales de enmascaramiento y de ataque químico de la técnica para cortar un primer foso o canal anular 43 en una cara 32 de la oblea inmediatamente junto a la periferia de la región 41 de tipo N+ y un segundo foso o canal anular 44 en la cara 32  
10 de la oblea inmediatamente junto a la periferia exterior de la región 42. La profundidad de los fosos 43 y 44 se hace menor que el espesor de la zona 34 de tipo P, pero mayor que el espesor de la región difundida 39-42. La anchura exacta de los fosos 43 y 44 no es crítica, y puede ser, por  
15 ejemplo, de aproximadamente 0,125 milímetros en este ejemplo.

Se deposita una masa o capa de un metal o aleación conductora por evaporación sobre áreas seleccionadas de las caras principales 32 y 33 de la oblea. Una de tales  
20 masas metálicas, designada con el número 45, sobre la parte central de la cara 32 de la oblea está sobre la región central 41 de tipo N+ dentro del foso 43. Una segunda masa metálica 46 en la cara 32 de la oblea es de forma anular y se  
25 extiende desde cerca de la periferia exterior del foso 43 hasta cerca de la periferia interior del foso 44. La masa metálica 46, que sirve de primer electrodo de corriente del dispositivo, está así en contacto directo con la zona 34 de tipo P y con la región 42 de tipo N+. Una tercera masa metálica 47 en la cara 32 de la oblea es de forma anular y  
30 se extiende desde cerca de la periferia exterior del foso



44 hasta cerca de la periferia exterior de la cara 32 de la oblea.

5 Sobre la cara 33 de la oblea se deposita otra masa o capa metálica 26. La masa metálica 26 es el segundo electrodo de corriente del dispositivo y está en contacto directo con la capa 35 de tipo P, así como con las regiones 39 y 40 de tipo N+. Los electrodos metálicos 45-47 y 26 pueden ser depositados, por ejemplo, por evaporación, y pueden consistir en aluminio o en oro.

10 Para completar el dispositivo, se fija un alambre conductor eléctrico 27 al primer electrodo de corriente 46 por cualquier método conveniente. Se fija otro alambre conductor eléctrico 48 por medio de una parte terminal de forma de U tanto al electrodo central 45 como al electrodo periférico 47 en la cara 32 de la oblea. Las operaciones sub-  
15 sigüientes de montar el dispositivo con el electrodo de potencia 26 por debajo de un colector metálico, y de enfundar el dispositivo, se llevan a cabo por métodos normales de la técnica, y no es necesario describirlas en esta memoria. En el funcionamiento del dispositivo, la región 49, que consiste en la parte de la zona 34 de tipo P bajo la región anular 42 de tipo N+, sirve de región resistiva en derivación para cualquier polarización del electrodo de control. El valor de la resistencia en derivación es estable y  
20 no resulta afectado por el tratamiento de la oblea semiconductor 31 después de que se forman las diversas regiones. Además, solamente tres regiones diferentes del dispositivo (las zonas 34, 35 y 36) y solamente las dos barreras rectificadoras o uniones PN entre dichas tres regiones  
25 están descubiertas en los bordes de la oblea semiconductor 30

326632

326382



31, reduciendo así al mínimo las corrientes de fuga superficiales.

Los electrodos de corriente 26 y 46 de este ejemplo son electrodos claramente bipolares, ya que cada uno de ellos está en contacto directo con partes de tipo P y de tipo N de la oblea semiconductora 31. El electrodo 45 está en contacto directo únicamente con la región 41 de tipo N<sup>+</sup> y el electrodo 47 está en contacto directo únicamente con la zona 34 de tipo P, pero como los electrodos 45 y 47 están conectados por el único conductor de control 48, el conductor de control es efectivamente bipolar.

#### EJEMPLO III.

El dispositivo 50 (figura 3) de este ejemplo es en algunos aspectos similar al del ejemplo I, y comprende un cuerpo u oblea semiconductora 11 monocristalina de forma de disco dotada de dos caras principales o mayores 12 y 13. La oblea semiconductora 11 tiene dos zonas 14 y 15 de tipo P inmediatamente junto a las caras 12 y 13 de la oblea, respectivamente; y una zona central 16 de tipo N entre las zonas 14 y 15. Se forman dos uniones P-N 17 y 18 en los límites entre la zona central 16 de tipo N y las dos zonas 14 y 15 de tipo P, respectivamente.

Se emplean técnicas normales de enmascaramiento y difusión para formar una pluralidad de regiones de tipo N<sup>+</sup> en las zonas 14 y 15 de tipo P. Se forma una primera región 19 de tipo N<sup>+</sup> en la parte central de la zona 15 de tipo P inmediatamente junto a la cara 13 de la oblea. Se forma una segunda región 20 de tipo N<sup>+</sup> en la zona 15 de tipo P junto a su periferia y que es de forma anular. La región 20 está en torno de la periferia de la región 15, pero separada de

326632

28 JUL



5 ella. Se forma una tercera región 51 de tipo N+ en la zona  
14 de tipo P junto a la cara 12 de la oblea cerca de su  
centro. Se forma una cuarta región 52 de tipo N+ en la zona  
14 junto a su periferia. Las regiones 51 y 52 son ambas  
de forma anular, pero la región 51 es más grande que la  
región 52. Se emplean técnicas fotolitográficas de enmas-  
caramiento y ataque químico para formar en la cara 12 de la  
oblea un primer foso anular 53 en torno de inmediatamente  
10 un segundo foso anular 54 en torno de e inmediatamente jun-  
to a la periferia interior de la región anular 52 de tipo N.  
El foso 54 está separado de la periferia exterior de la re-  
gión 51. Como en los ejemplos anteriores, la profundidad de  
los fosos (53 y 54) es un poco mayor que el espesor de las  
15 regiones difundidas (51 y 52), pero menor que el espesor  
de la zona 41 de tipo P.

Se deposita una masa o capa de un metal conductor,  
tal como aluminio o similar, sobre partes seleccionadas de  
las caras 12 y 13 de la oblea. Una primera masa o capa me-  
20 tálica 26 cubre la cara 13 principal y está en contacto  
directo con la zona 15 de tipo P, así como con las regiones  
19 y 20 de tipo N+. Una segunda masa o capa metálica 55 cu-  
bre una pequeña parte central de la cara 12 de la oblea  
dentro del foso 53 y está en contacto directo con la zona 14  
25 de tipo P. Una tercera masa metálica 56, que sirve de primer  
electrodo de corriente, está en forma de anillo en la cara  
12 de la oblea entre los fosos 53 y 54 y en torno de la peri-  
feria de la capa metálica 55, pero separada de ella por el  
foso 53. Una cuarta masa metálica 57 está en forma de anillo  
30 en la cara 12 de la oblea en torno de la periferia exterior

326632



28 JUN 1954

del electrodo 56, pero espaciada de ella por el foso 54.

Para completar el dispositivo, se fija un alambre conductor eléctrico 27 al primer electrodo de corriente 56 por cualquier método conveniente. Se fija otro alambre conductor eléctrico 58 por medio de una parte terminal de forma de U tanto al electrodo central 55 como al electrodo periférico 57 en la cara 12 de la oblea alambre que sirve de conductor de control. Las operaciones subsiguientes de montar el dispositivo con el electrodo de corriente 26 sobre un colector metálico y de enfundar el dispositivo se llevan a cabo por métodos normales de la técnica.

En el dispositivo 50 de este ejemplo, la resistencia en derivación es la resistencia de la parte 59 de la zona 14 por debajo de la región difundida N+ 51. Como en las realizaciones anteriores, el valor resistivo en derivación es estable y no resulta afectado por el tratamiento de la oblea semiconductor 11. Además, solamente tres regiones diferentes del dispositivo están descubiertas en los bordes de la oblea semiconductor 11, reduciendo así al mínimo las corrientes de fugas superficiales.

#### EJEMPLO IV

En los ejemplos anteriores, el cuerpo semiconductor empleado era de forma de disco. La forma precisa del cuerpo semiconductor no es crítica y puede ser, por ejemplo, un paralelepípedo, como en este ejemplo.

El tiristor bidireccional 60 (figura 4) de este ejemplo, comprende una oblea semiconductor 61 de tipo de conductividad dado dotada de dos caras mayores o principales opuestas 62 y 63 y de dos zonas 64 y 65 de tipo de conductividad opuesto junto a las caras 62 y 63 de la oblea,



respectivamente. En este ejemplo, la oblea semiconductor 61 tiene una longitud de aproximadamente 2,75 milímetros, una anchura de 1,75 milímetros y un espesor de 0,225 milímetros. La oblea 61 puede consistir en un semiconductor elemental cristalino, tal como germanio o silicio, o en un semiconductor compuesto cristalino, tal como arseniuro de galio.

La oblea 61 puede ser de cualquier tipo de conductividad. Por razones de conveniencia, al comparar la oblea 61 con los dispositivos de los ejemplos anteriores se describirá en términos de tipo N dotado de una estructura estratificada o en capas, con dos zonas 64 y 65 de tipo P inmediatamente junto a las caras 62 y 63 de la oblea, respectivamente. Se forman dos regiones P+ 64' y 65' en las zonas 64 y 65, respectivamente, inmediatamente junto a las caras 62 y 63 de la oblea, respectivamente. Las zonas 64 y 65 están separadas por una zona central 66 de tipo N, que es el cuerpo original de tipo N de la oblea 61. Se forman dos barreras rectificadoras o uniones PN 67 y 68 en los límites entre la zona central 66 de tipo N y las dos zonas superficiales 64 y 65 de tipo P, respectivamente.

Se forman cuatro regiones 69, 70, 71 y 72 de tipo N+ enmascarando partes de las caras 62 y 63 de la oblea y difundiendo un donador adecuado en las partes sin enmascarar de la misma. Cuando la oblea consiste en arseniuro de galio, el donador puede ser azufre, selenio o telurio. El tiempo y la temperatura de la operación de difusión se controlan de modo que el espesor de cada una de las cuatro regiones difundidas sea menor que el de las cuatro zonas 64 y 65 de tipo P. El tamaño y la forma precisos de las regiones

326632 26



difundidas 69-72 no son críticos. Las regiones 69 y 70 en la zona 65 puede ser, por ejemplo, rectangulares, extendiéndose el eje geométrico largo de cada región paralelamente al eje geométrico largo o longitudinal del cuerpo semiconductor 61. Así, la región 69 es adyacente y paralela al primer lado de la oblea, pero está espaciada de él, en tanto que la región 70 es adyacente y paralela al segundo lado de la oblea, pero está espaciada de él. Una región difundida 69 se hace más ancha que la otra región difundida 70. En la zona 64, se forman dos regiones difundidas 71 y 72 inmediatamente junto a la cara 62 de la oblea. El espesor de las regiones difundidas 71 y 72, que son de tipo N+ en este ejemplo, es menor que el espesor de la zona 64 de tipo P. La forma de las regiones 71 y 72 puede ser también rectangular, con el eje geométrico largo de cada región paralelo al eje geométrico largo del cuerpo semiconductor 61. Así, la región 71 es adyacente y paralela al primer lado de la oblea, pero está separada de él, en tanto que la región 72 es adyacente y paralela al segunda lado de la oblea, pero está separada de él. Preferiblemente, las regiones difundidas 71 y 72 no emergen en ninguna de las superficies extremas o laterales de la oblea 61, y una región difundida 72 es más ancha que la otra región difundida 71. La longitud de las regiones difundidas 69 y 70 se hace menor que la longitud de la oblea de modo que estas regiones no intercepten los extremos o los lados de la oblea semiconductor 61. Convenientemente, el borde exterior de la región 69 está por debajo del borde interior de la región 71; el borde interior de la región 69 está por debajo del borde interior de la región 72; y el borde interior de la región



70 está por debajo del borde exterior de la región 72.

Se utilizan técnicas normales de enmascaramiento y ataque químico para cortar dos fosos o canales 73 y 74 en la cara 62 de la oblea. Adecuadamente, los fosos 73 y 74 tienen cada uno una anchura de aproximadamente 0,125 milímetros y se extienden a lo largo de toda la longitud de la oblea semiconductora 61. La profundidad de los fosos 73 y 74 es un poco mayor que el espesor de las regiones difundidas 71 y 72, y un poco menor que el espesor de la zona 64 de tipo P. El foso 73 está inmediatamente junto al borde interior de la región difundida 71 y se encuentra entre la región 71 y el centro del cuerpo semiconductor 61. El foso 74 está inmediatamente junto al borde exterior de la región difundida 72, es decir, el foso 74 está en el lado de la región 72 que está alejado de la región 71.

Se depositan masas de un metal o una aleación conductora en forma de capas sobre partes seleccionadas de las caras 62 y 63 de la oblea para formar los electrodos del dispositivo. Se deposita un electrodo 75 del dispositivo sobre la cara 62 de la oblea para cubrir únicamente la región difundida 71. Se deposita otro electrodo 76 del dispositivo sobre la cara 62 de la oblea para cubrir únicamente la parte de dicha cara entre los fosos 73 y 74. Otro electrodo 77 del dispositivo es una capa metálica depositada sobre la cara 62 de la oblea para cubrir únicamente la parte de dicha cara entre el foso 74 y el borde adyacente de la oblea semiconductora. Como en los ejemplos II-IV, los dos electrodos, que están fijados en regiones de únicamente un tipo de conductividad, es decir, los electrodos 75 y 77 en esta realización, están conectados por

326632



5 medio de un alambre conductor eléctrico 78, que tiene una parte terminal de forma de U, estando una pata de la U unida al electrodo 75 y la otra pata al electrodo 77. Un alambre conductor eléctrico 27 está fijado al electrodo 76, que sirve de primer electrodo de corriente del dispositivo. Una capa o masa metálica 79 que cubre la cara principal 63 de la oblea sirve de segundo electrodo de corriente de la unidad.

10 El dispositivo de esta realización tiene varias de las características anteriormente mencionadas respecto a los dispositivos de las figuras 1-3. La región de resistencia en derivación del dispositivo, que es la parte de la zona 64 de tipo P debajo de la región difundida N+ 72, no resulta afectada por las operaciones de tratamiento ya que es muy pequeña la parte de esta región que está expuesta a la acción del ambiente y de los agentes químicos. Además, las corrientes de fugas superficiales son reducidas, ya que solamente tres zonas o regiones adyacentes del dispositivo (y únicamente las dos uniones PN entre las tres regiones) interceptan los bordes del cuerpo semiconductor 61.

#### EJEMPLO V

25 El dispositivo descrito a continuación tiene todas las ventajas de las unidades anteriores, incluyendo valores de resistencia en derivación estables, corrientes superficiales de fuga de pequeña intensidad y bajas tensiones de activación, pero incluye además una utilización más eficaz de la oblea semiconductor y, por tanto, es la realización actualmente preferida.

30 El tiristor bidireccional semiconductor 80 (figura 5) de este ejemplo comprende un cuerpo u oblea semicon-



ductora 81 de un tipo dado de conductividad, que tiene dos  
caras principales opuestas 82 y 83. El tamaño, la forma y  
la composición precisos de la oblea semiconductora 81 no  
son críticos. En este ejemplo, la oblea semiconductora 81  
5 es de forma de disco, tiene aproximadamente 3,25 mm de  
diámetro, aproximadamente 0,2 a 0,25 mm de espesor y con-  
siste en silicio monocristalino de tipo N de conductividad  
y de una resistividad de aproximadamente 8 ohm-cm.

Se forman dos zonas superficiales 84 y 85 de ti-  
10 po de conductividad opuesto (que son de tipo P en este ejem-  
plo) en la oblea 81 inmediatamente junto a las caras 82 y 83  
de la oblea, respectivamente, por difusión de un modifica-  
dor de conductividad, tal como boro, en las caras prin-  
cipales de la oblea. Las zonas 84 y 85 de tipo P están se-  
15 paradas por una zona central 86, que consiste en la masa  
original de tipo N de la oblea 81. Ventajosamente, la con-  
centración del modificador se hace mayor en las partes con  
leyenda 84' y 85' de las zonas 84 y 85, respectivamente,  
por medio de una operación de difusión adicional. Por es-  
20 ta razón, llevan las partes 84' y 85' de las zonas 84 y  
85 la leyenda P+ en el dibujo, indicando una fuerte acti-  
vación y una conductividad de tipo P alta, en tanto que  
las partes restantes de estas zonas se han designado con P,  
indicando una activación más ligera y una conductividad de  
25 tipo P más baja en estas regiones restantes. Alternativa-  
mente, pueden formarse las zonas 84 y 85 de tipo P por de-  
sarrollo epitaxial en una oblea de tipo N. En cualquier ca-  
so, se forman unas barreras rectificadoras 87 y 88 en los  
límites entre la zona central 86 de tipo N y las zonas su-  
30 perfciales 84 y 85 de tipo P, respectivamente.

326632

28 JUN 1954



Se enmascaran partes de las caras principales 82 y 83 y se difunde un modificador de conductividad capaz de inducir el tipo de conductividad original de la oblea en las partes sin enmascarar de las zonas 84 y 85 para formar regiones de poca resistividad y fuertemente activadas. En este ejemplo, como el tipo de conductividad original de la oblea 81 era de tipo N, el modificador de conductividad empleado es un donador, tal como pentóxido de fósforo. El tamaño y la forma precisos de las regiones difundidas N+ así formadas inmediatamente junto a las caras 82 y 83 de la oblea no son críticos, pero se forman preferiblemente las regiones difundidas en la parte de poca conductividad o P de cada zona 84 y 85 de tipo P; y cada una de las regiones difundidas es asimétrica, esto es, puede describirse diciendo que tiene un extremo de área grande y un extremo de área pequeña, o que comprende una parte o lóbulo grande y una parte o lóbulo pequeño unidos en el centro.

Una región de tipo N+, a la que se ha incorporado por difusión fósforo, así formada en la cara 83 de la oblea ha sido representada en la vista en planta de la figura 6a y consiste en una región difundida 89 de área grande, que en este ejemplo es un semicírculo de 2,75 mm de diámetro, y en una región difundida 90 de área pequeña, que en este ejemplo es un semicírculo de 1,25 mm de diámetro. Los dos semicírculos tiene el mismo centro y sus diámetros están en la misma línea recta, pero en lados opuestos de la línea. Las regiones 89 y 90 tienen 0,02 mm de espesor, siendo, por tanto, más delgadas que la zona 85 de tipo P, la cual tiene en este ejemplo un espesor de aproximadamente 0,050 mm.



La región asimétrica de tipo N+ a la que se ha incorporado por difusión fósforo, formada en la cara 82 de la oblea aparece representada en vista en planta en la figura 6b. La región consiste en una parte 91 de área grande unida a una parte o región 92 de área pequeña. Sin embargo, la región difundida 91 de área grande de la cara 82 de la oblea se encuentra sobre la región difundida 90 de área pequeña de la cara 83 de la oblea, en tanto que la región difundida 92 de área pequeña de la cara 82 de la oblea se encuentra sobre la región difundida 89 de área grande de la cara 83 de la oblea. En este ejemplo, la región difundida 91 de área grande es también un semicírculo de 2,75 mm de diámetro, en tanto que la región 92 de área pequeña es un semicírculo de 0,95 mm. Los dos semicírculos 91 y 92 tienen un centro común y se encuentran en lados opuestos de la misma línea recta. La región 91 difiere de la región 89 en que una pequeña parte central 93 de la región 91, cuya parte puede tener convenientemente forma de cuña, como se ha representado en la figura 6b, es enmascarada durante la operación de difusión de fósforo en que se forman las regiones 91 y 92. Cuando se retiran todas las máscaras (no mostradas) después de la operación de difusión, esta parte central 93 permanece como enclave de tipo P+ dentro de la región 91 de tipo N+. Las regiones 91 y 92 tienen un espesor de aproximadamente 0,02 mm y son, por tanto, más delgadas que la zona 84 de tipo P, que tiene en esta realización un espesor de aproximadamente 0,05 mm.

Preferiblemente, la región 89 se extiende a lo largo de la cara 83 de la oblea desde debajo de la periferia exterior de la región 84' hasta debajo de la periferia inte-

326632



rior de la región 91, y solapa ligeramente la periferia interior de la región 91. Este ligero solapamiento mejora la sensibilidad del dispositivo frente a los impulsos de activación cuando está funcionando en el tercer cuadrante.

5                   Se utilizan ahora técnicas normales de enmascaramiento y ataque químico para formar un fosos anular 94 en la parte central de la cara 82 de la oblea. El foso 94 tiene convenientemente una anchura de aproximadamente 0,125 mm, una profundidad de aproximadamente 0,0225 mm. un diámetro interior de aproximadamente 0,75 mm y un diámetro exterior de aproximadamente 1 mm. El foso 94 se extiende así en torno de la periferia de la región difundida 92 y en torno de la periferia de la parte 93 de la primera zona 84 de tipo P. El foso 94 puede tener ventajosamente una anchura no uniforme, siendo más ancho en las partes del foso en que el foso cruza el límite o unión entre la región N+ 91 y la región P+ 84' que en las partes restantes del foso. El foso 94 no uniforme mejora la sensibilidad del dispositivo en todos los modos de funcionamiento reduciendo el mínimo una parte inútil de la resistencia en derivación.

10

15

20

Se deposita una capa metálica conductora sobre partes seleccionadas de la cara 82 de la oblea para formar dos electrodos del dispositivo, Un electrodo 95 es una corona circular que se extiende desde el borde exterior del foso 94 hasta el borde exterior de la cara 82 de la oblea. El electrodo 95 sirve de primer electrodo de corriente de la unidad. Un segundo electrodo metálico cubre la parte central de la cara 82 de la oblea dentro del área circundada por el foso 94. El electrodo 96 sirve de electrodo de control de la unidad. La figura 6c es una vista en planta de la cara

25

30



superior 82 de la oblea después de cortar el foso 94 y después de depositar el primer electrodo de corriente 95 y el electrodo de control 96.

5 Se forma un tercer electrodo por medio de una capa metálica 97 que cubre la cara principal 83 de la oblea. El electrodo 97 sirve de segundo electrodo de corriente de la unidad.

10 Para completar el dispositivo, se une un alambre conductor eléctrico 27 al electrodo 95, cuyo alambre sirve como primer conductor de corriente. Se une otro alambre conductor eléctrico 28 al electrodo 96, cuyo alambre sirve de conductor de control. Las operaciones restantes de montar la unidad con el electrodo 97 sobre un colector metálico y de encapsular y enfundar el dispositivo se llevan a  
15 cabo por métodos normales de la técnica.

Cuando se dá al dispositivo de esta realización una polarización de control positiva, la región resistiva en derivación, que es eficaz para activar la unidad, es la parte de la zona 84 de tipo P que está debajo de la región  
20 N+ 91. Cuando se dá al dispositivo una polarización de control negativa, la región resistiva en derivación que es eficaz para activar la unidad, es la parte de la zona 84 de tipo P que está debajo de la región N+ 92. Mientras que en el dispositivo del ejemplo I, las dos regiones resistivas  
25 en derivación 29 y 29' (figura 1) están eléctricamente en serie, en el dispositivo de esta realización las dos regiones resistivas en derivación están eléctricamente en paralelo. Por consiguiente, la tensión de control requerida para activar el dispositivo de esta realización viene disminuída en comparación con el dispositivo del ejemplo I.  
30

326632 2.8



Una importante ventaja del dispositivo de esta realización es que la corriente de control requerida para todos los modos de activación es más aproximadamente constante, así como más baja que la corriente de control requerida para los dispositivos comparables de la técnica anterior. Los cuatro modos de funcionamiento de un tiristor bidireccional pueden agruparse con arreglo a la tabla siguiente:

10	<u>Modo</u>	<u>Polaridad del primer electrodo de corriente.</u>	<u>Polaridad del segundo electrodo de corriente.</u>	<u>Polaridad del electrodo de control.</u>
	I+	-	+	+
	I-	-	+	-
	III+	+	-	+
	III-	+	-	-

15 Los modos I+ e I- están en el primer cuadrante (figura 8) con sus corriente de control, respectivamente, positiva y negativa, en tanto que los modos III+ y III- están en el tercer cuadrante, con las corrientes de control respectivamente positiva y negativa. En las uniones de  
 20 la técnica anterior, las corrientes de control requeridas por funcionamiento en los modos I- y III+ son considerablemente más altas que la corriente de control requerida para funcionamiento en los modos I+ e III-. En contraposición, en el dispositivo de esta realización la corriente de activación requerida para funcionamiento en los cuatro modos  
 25 es casi constante. Además, para una unidad de silicio de tamaño dado de la técnica anterior la corriente de activación es de aproximadamente 100 miliamperios. En contraposición, para un dispositivo de silicio de tamaño comparable  
 30 de acuerdo con esta realización, la corriente de activación



es de aproximadamente 50 miliamperios, y algunas unidades de tiristor bidireccional de acuerdo con esta realización presentaban corrientes de activación tan bajas como 20 miliamperios. Por otra parte, la corriente de activación requeri-  
5 da para dispositivos de acuerdo con esta realización, aumenta solo ligeramente cuando se aumenta la capacidad de manipulación de potencia del dispositivo incrementando a escala el tamaño de la oblea semiconductora y sus diversas regiones y electrodos.

10 Otra importante ventaja de los dispositivos de acuerdo con esta realización es su mejorada capacidad de bloqueo, es decir, su capacidad mejorada para resistir altas tensiones a través de los electrodos de corriente del dispositivo antes de la perforación en el estado de "acti-  
15 vación" o conductor. La capacidad de bloqueo tanto de los tiristores unidireccionales como de los bidireccionales depende en parte del espesor y del material de la capa de bloqueo del dispositivo. Los tiristores bidireccionales convencionales de silicio de la técnica anterior han exhibi-  
20 do tensiones de perforación de aproximadamente 200 a 400 voltios. En contraposición, las unidades de silicio comparables de acuerdo con esta realización han exhibido la capacidad de bloquear tensiones aplicadas tan altas como 500 a 600 voltios antes de la perforación en el estado conduc-  
25 tor. Una razón de esta capacidad de bloqueo mejorada es que en el dispositivo de esta realización, como en los ejemplos anteriores, solo interceptan los bordes de la oblea tres zonas o regiones de diferente tipo de conductividad. Como se  
30 ha mencionado anteriormente las corrientes de fuga superficiales, es decir, las corrientes que circulan en o cerca

326632



de la superfide de la oblea debido a la inyección de por-  
tadores de carga desde estados de superficie, son reduci-  
das para los dispositivos descritos en comparación con las  
corrientes superficiales que circulan en los dispositivos  
de la técnica anterior, en los que, como se ilustra en la  
5 figura 9 más de tres zonas de diferente conductividad in-  
terceptan los bordes de la oblea. Una razón adicional de la  
mejorada capacidad de bloqueo del dispositivo de este ejem-  
plo es que la corriente de activación del dispositivo de-  
10 pende bastante de la resistividad de la capa de bloqueo 86,  
ya que la trayectoria de corriente lateral a través de la  
capa de bloqueo durante la activación ha sido disminuida.

Todavía otra ventaja del dispositivo de esta rea-  
lización es que es más eficaz que las unidades anterior-  
15 mente descritas respecto a la utilización mejorada del área  
de emisor, debido a que la relación de área de emisor a  
periferia de emisor es mayor en el dispositivo de esta  
realización. Es bien sabido que, con objeto de obtener un  
funcionamiento mejorado, en un transistor debe ser baja la  
20 relación del área de emisor a la periferia de emisor. Sin  
embargo, en un rectificador controlado esta situación apa-  
rece invertida. La razón de esta inversión de la deseada  
relación del área de emisor a la periferia de emisor en que  
en un rectificador controlado los agujeros, que cruzan la  
25 capa de bloqueo central del dispositivo, escaparán a uno  
de los electrodos de corriente, si es posible, en vez de  
entrar en las regiones de emisor N. Por tanto, si se hace  
un rectificador controlado o un tiristor en el que la re-  
lación de periferia de emisor a área de emisor es alta, co-  
mo en los transistores, se hace más fácil para los agujeros  
30 que cruzan la capa de bloqueo evitar las regiones de emi-



sor N. Así, se obtiene un rendimiento mejorado en un rectificador controlado haciendo una unidad en la que la relación de área de emisor a periferia de emisor sea alta.

5 Pero otra ventaja del dispositivo de esta realización es que es más eficaz que los dispositivos de los ejemplos II-IV respecto a la utilización de la oblea semiconductora. La razón de ésto es que el dispositivo de esta realización tiene solamente un contacto de control y, por tanto, deja más area superficial de la oblea disponible para los  
10 electrodos de corriente.

No obstante, otra ventaja del dispositivo de esta realización es que los valores de las resistencias en derivación son uniformes de un dispositivo a otro y estables con respecto al tiempo. Puede obtenerse un gran rendimiento de tiristores bidireccionales con corriente de control gobernablemente baja de acuerdo con esta realización debido a que la región resistiva en derivación es "enterrada", por decirlo así y no resulta afectada por las operaciones de tratamiento y los ambientes subsiguientes a la formación de las uniones del dispositivo.  
15  
20

La forma de las regiones difundidas asimétricas en esta realización puede variarse según se desee. Si el cuerpo semiconductor utilizado es de forma cuadrada o rectangular, la región asimétrica puede consistir, por ejemplo, en un cuadrado grande contiguo a un cuadrado pequeño. Además, no es necesario que las regiones asimétricas tengan una forma geométrica regular, pudiendo ser de forma irregular.  
25

Los ejemplos anteriores están dados a título de información solamente, y no de limitación. Pueden utilizarse otros materiales semiconductores cristalinos, tales como  
30

326632

284



fosfuro de indio y carburo de silicio, con aceptadores y donadores apropiados para cada material. Pueden invertirse los tipos de conductividad de las diversas regiones mostradas de modo que la capa de bloqueo central se haga de tipo P en vez de tipo N. Pueden hacerse diversas modificaciones por los versados en la técnica sin apartarse del espíritu y del alcance de la invención indicados, en las reivindicaciones adjuntas.

La presente solicitud que corresponde a la presentada en los Estados Unidos de América con fecha 14 de mayo de 1965, bajo el nº 455.737, se acoge a los beneficios del artículo 51 del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.

#### N O T A

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

1.- Un dispositivo semiconductor, que comprende: una oblea semiconductor dotada de caras principales o mayores opuestas primera y segunda; unas zonas primera y segunda de un tipo dado de conductividad en dicha oblea inmediatamente adyacentes a dichas caras principales primera y segunda, respectivamente; una zona de tipo de conductividad opuesto en dicha oblea entre dichas zonas primera y segunda,



caracterizado dicho dispositivo por regiones primera y segunda de dicho tipo de conductividad opuesto en dicha primera zona inmediatamente junto a dicha primera cara principal de la oblea; al menos una tercera región de dicho tipo de conductividad opuesto en dicha segunda zona inmediatamente junto a dicha segunda cara principal de la oblea; un primer electrodo en dicha primera cara principal, estando dicho primer electrodo en contacto directo con dicha primera zona y con dicha primera región de dicha primera zona; un segundo electrodo en dicha primera cara principal, estando dicho segundo electrodo en contacto directo con dicha primera zona y con dicha segunda sección de dicha primera zona; un tercer electrodo en dicha segunda cara principal, estando dicho tercer electrodo en contacto directo con dicha segunda zona y con al menos dicha tercera región de tipo de conductividad opuesto en dicha segunda zona; interceptando dichas regiones de tipo de conductividad opuesto la superficie de dicha oblea únicamente en dichas caras principales.

2.- El dispositivo de la reivindicación 1, caracterizado porque el espesor de dichas regiones primera y segunda de dicha primera zona es menor que el espesor de dicha primera zona y porque el espesor de al menos dicha tercera región de dicha segunda zona es menor que el espesor de dicha segunda zona.

3.- El dispositivo de la reivindicación 1, caracterizado por una cuarta región de tipo de conductividad opuesto en dicha segunda zona inmediatamente junto a dicha segunda cara principal de la oblea, estando también dicho tercer

326632



electrodo en contacto directo con dicha cuarta región.

4.- El dispositivo de la reivindicación 3, caracterizado porque dicha primera región es de configuración anular y está situada cerca del centro de dicha primera cara principal, porque un foso o depresión anular está situado en dicha primera cara principal inmediatamente  
5      junto a la periferia exterior de dicha primera región, porque dicha segunda región es también de configuración anular y está situada en torno de la periferia exterior de dicho  
10     foso anular; porque dicha tercera región está situada en la parte central de dicha segunda zona y porque dicha cuarta región es de configuración anular y está situada en torno de la periferia exterior de dicha tercera región.

5.- El dispositivo de la reivindicación 4, caracterizado porque la profundidad de dicho foso es mayor que  
15     el espesor de dichas regiones primera y segunda, pero menor que el espesor de dicha primera zona.

6.- El dispositivo de la reivindicación 3, caracterizado porque dicha primera región está situada en la parte  
20     central de dicha primera cara principal, porque un primer foso anular está situado en dicha primera cara principal inmediatamente junto a la periferia exterior de dicha primera región, porque dicha segunda región es también de configuración anular y está situada en torno de la periferia exterior de dicho primer foso, pero espaciada de ella,  
25     porque un segundo foso anular está situado también en dicha primera zona en torno de la periferia exterior de dicha segunda región, porque dicha tercera región está situada en la parte central de dicha segunda zona, porque dicha cuarta  
30     región es de configuración anular y está situada en torno



de la periferia exterior de dicha tercera región y porque está prevista una conexión entre dicha primera región y la parte de dicha primera cara principal situada entre la periferia exterior de dicho segundo foso y la periferia de dicha oblea.

7.- El dispositivo de la reivindicación 3, caracterizado porque dicha oblea tiene lados opuestos primero y segundo, porque dicha primera región es adyacente y paralela a dicho primer lado, pero está espaciada de él, y tiene un borde interior y un borde exterior, porque dicha segunda región es adyacente y paralela a dicho segundo lado, pero está espaciada de él y tiene un borde interior y un borde exterior, porque un primer foso está situado en dicha primera zona paralelamente a dicho primer lado e inmediatamente junto al borde interior de dicha primera región, porque un segundo foso está situado en dicha primera zona paralelamente a dicho segundo lado e inmediatamente junto al borde exterior de dicha segunda región, porque dicha tercera región está situada junto a dicho primer lado y paralelamente a él, pero espaciada de él, y porque dicha cuarta región está situada junto a dicho segundo lado y paralelamente a él, pero espaciada de él.

8.- El dispositivo de la reivindicación 1, caracterizado porque dicha segunda región es más pequeña que dicha primera región y está separada de ella por una parte de dicha primera zona, y porque un foso anular está situado en dicha primera cara principal en torno de la periferia de dicha segunda región y de dicha parte de dicha primera zona.

9.- Un dispositivo semiconductor.

326632

28 JU



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

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

Madrid, 28 JUN 1966

P.A.

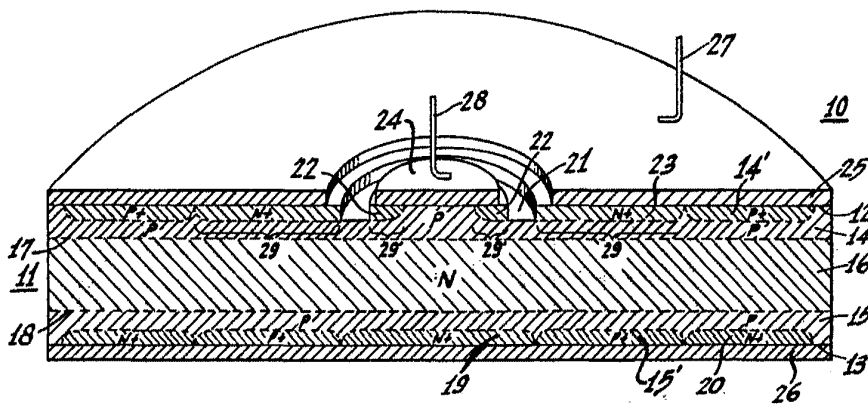
Alberto de Elzaburu

326632

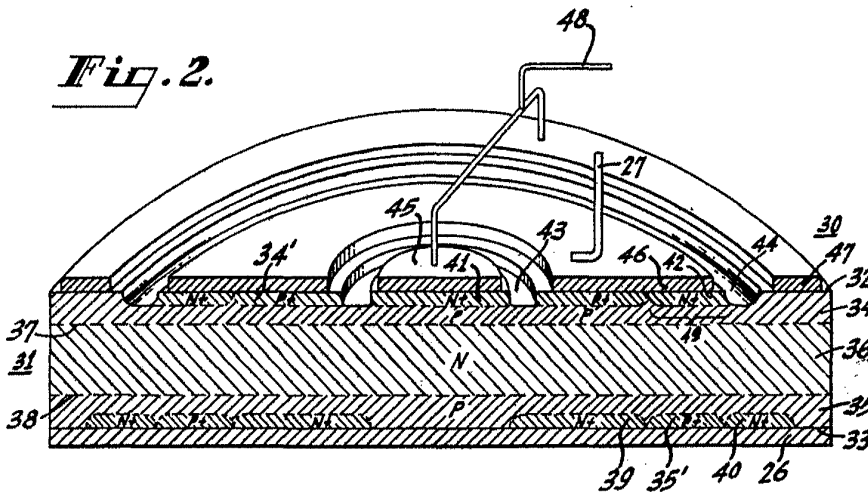
28 JUN



*Fig. 1.*



*Fig. 2.*

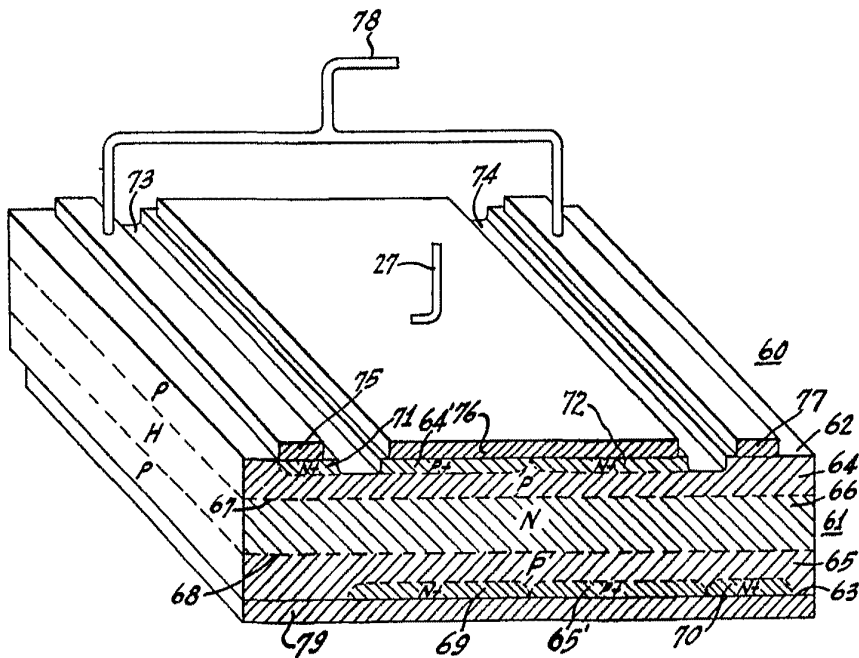
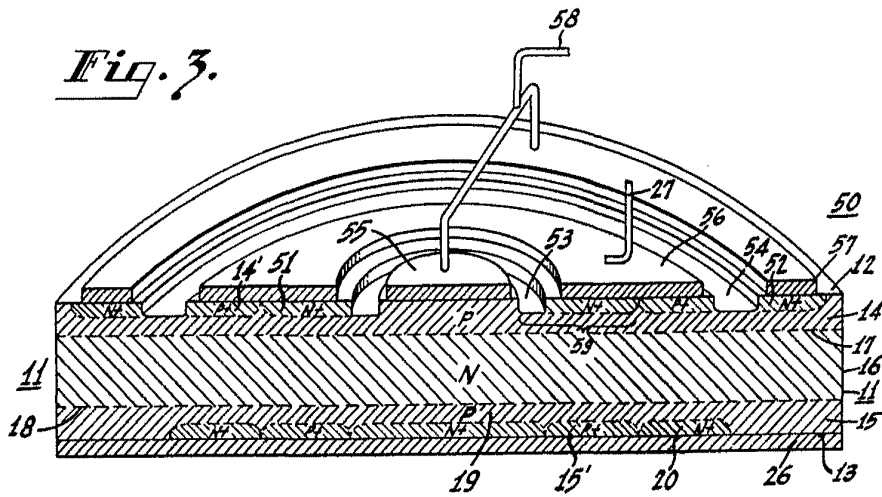


*Arthur*

326632

20

*Fig. 3.*



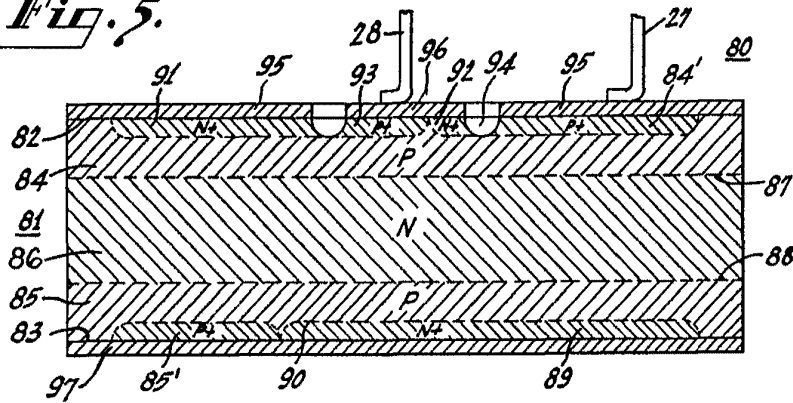
*Fig. 4.*

*W. R. ...*

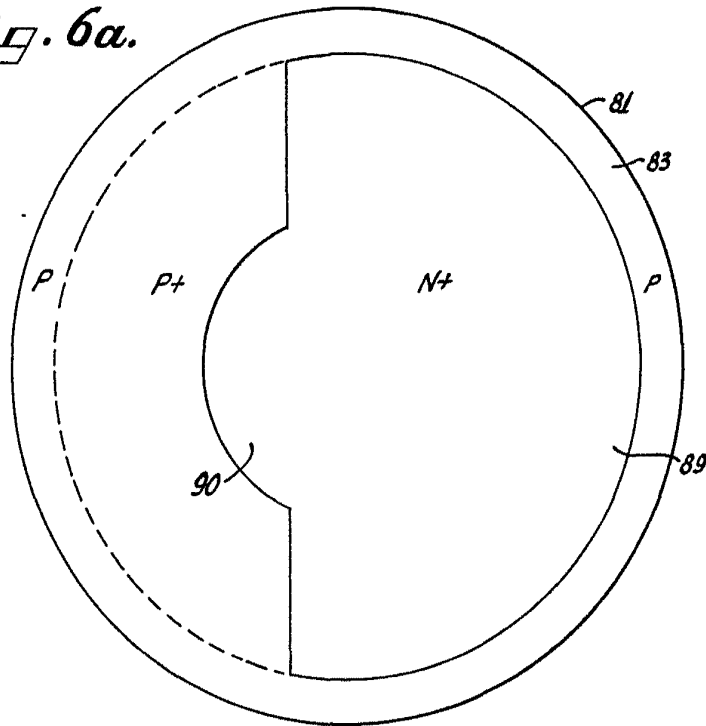
326632



*Fig. 5.*



*Fig. 6a.*

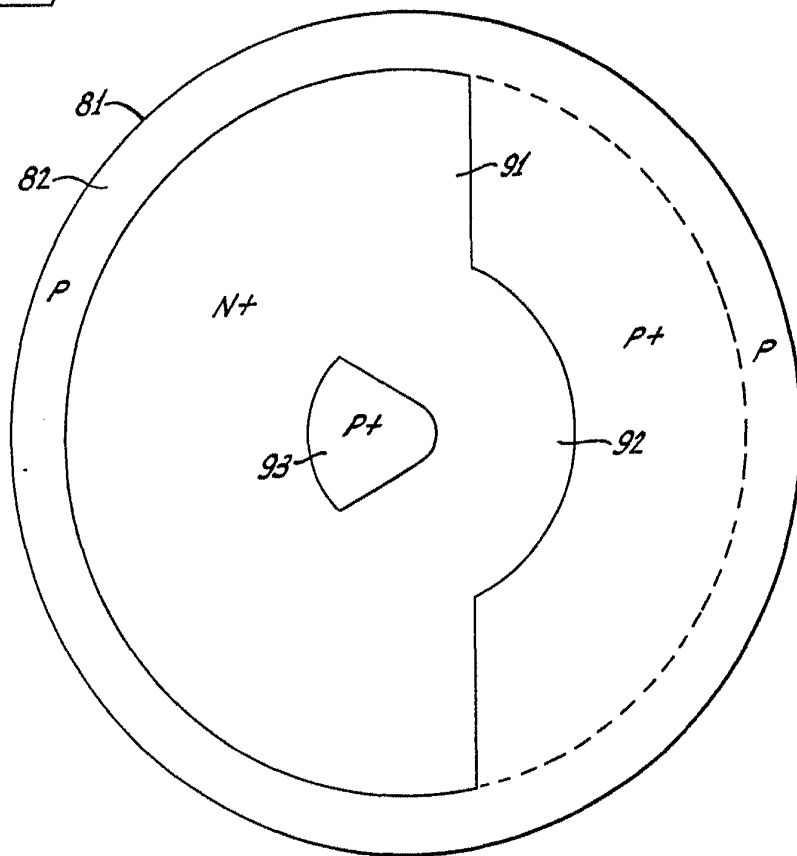


*W. W. W.*

326632



Fig. 6b.



*W. W.*

326632



Fig. 6c.

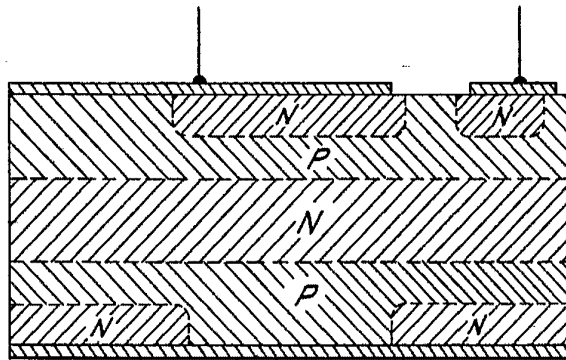
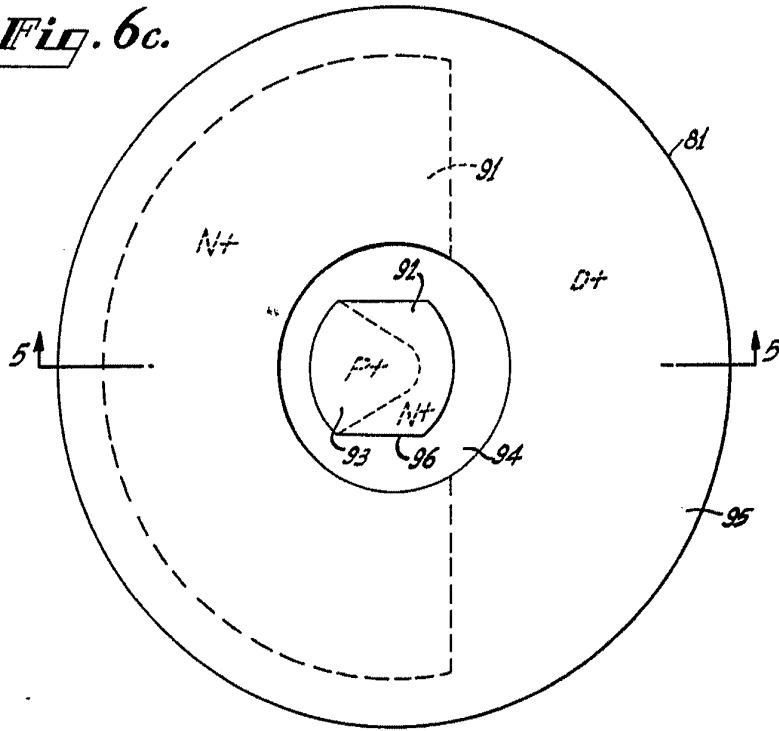


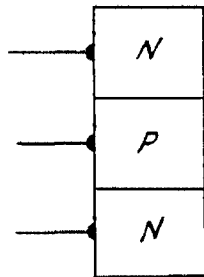
Fig. 9.

*Arma*

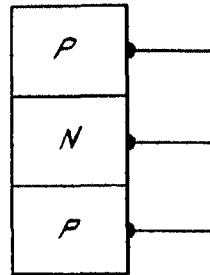
326632



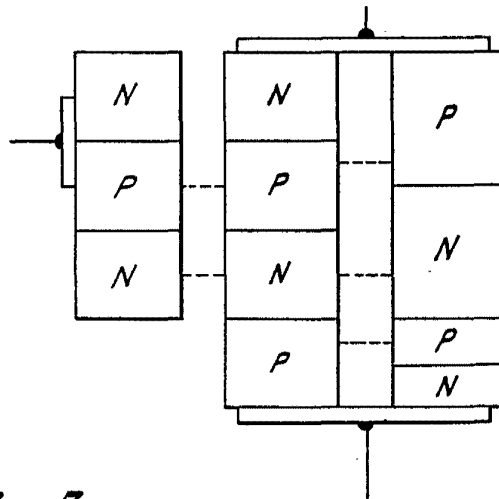
*Fig. 7a.*



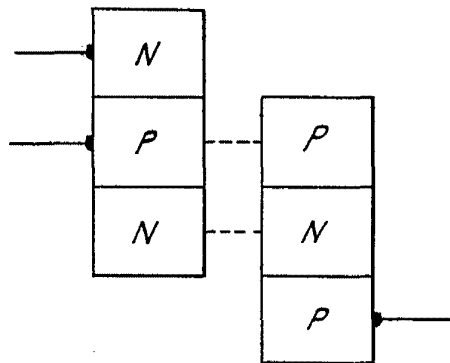
*Fig. 7b.*



*Fig. 7d.*



*Fig. 7c.*

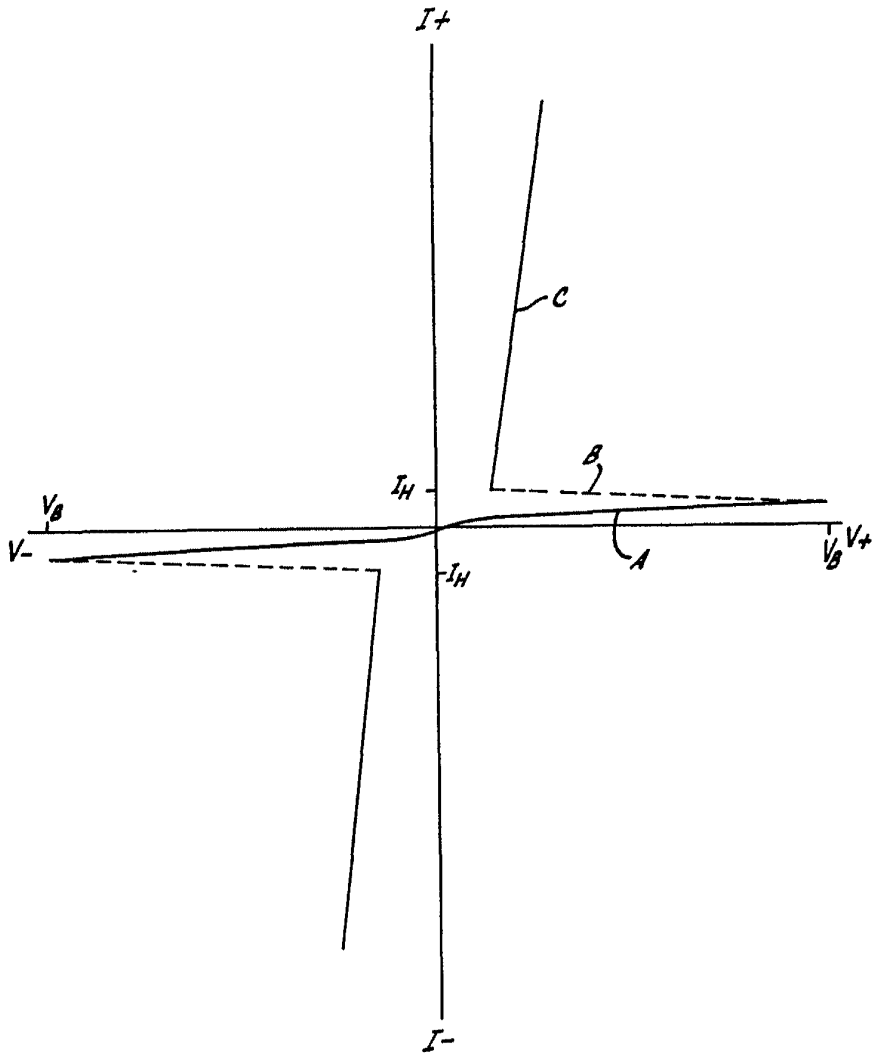


*Alberto de ...*  
Patent

326632



Fig. 8.



Alfredo de los Rios  
Por Fidei.  
*[Signature]*