

AÑO 1958

Expediente n.ºm.



240176

# REGISTRO DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL

240176

PATENTE DE INVENCIÓN

## MEMORIA DESCRIPTIVA

que se acompaña a la solicitud de

una PATENTE DE INVENCIÓN por VEINTE años, en España

a favor de

N.V. PHILIPS'GLOEILAMPENFABRIEKEN

, de nacionalidad

holandesa

domiciliado en

Emmesingel 29, Eindhoven,

~~xxxx~~ Holanda.

~~xxxx~~

por:

UN METODO DE FABRICAR UN TRANSISTOR"

Nº 6166

Agente Sr. ELZABURU

240176

17 FEB. 1958

P.- 16.649

P.H. 13.979 (Div)



EB. 1958

240176

MEMORIA DESCRIPTIVA

para solicitar

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

e n

E S P A Ñ A

por VEINTE años

a nombre de N. V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN, entidad holandesa, establecida en Emmasingel 29, Eindhoven, Holanda, por:  
" UN METODO DE FABRICAR UN TRANSISTOR "

La presente invención se refiere a un metodo para fabricar transistores que comprenden un cuerpo en que una parte semi-conductora de un tipo de conductividad dada provista con un contacto, parte que es considerada la base, está separada por medio de juntas fuertemente opuestas de al menos dos partes semi-conductoras de tipo de conductividad opuesta provistas con contactos, partes que son consideradas como la zona emisora y la zona colectora, respectivamente.

Es sabido que una capa de agotamiento se produce en la proximidad de una junta entre dos partes semi-conductoras de tipos de conductividad opuesta, siendo pequeña la densidad de los portadores de carga libres en esta capa de agotamiento con

240176



respecto a la del área que está un poco alejada de la juntura. También es sabido que, cuando una diferencia de potencial es aplicada en sentido inverso entre las dos partes semi-conductoras, de capa de agotamiento se extiende mientras aumenta la diferencia de potencial inverso, siendo la expansión mayor cuando el material semi-conductor tiene una resistencia específica más alta. Es posible lograr la expansión de la caja de agotamiento substancialmente en una de las dos partes semi-conductoras, por ejemplo eligiendo esta parte semi-conductoras para que sea de una naturaleza óhmica elevada con respecto a la otra.

El objeto de la invención, que utiliza la acción de una capa de agotamiento, es entre otros, proveer un transistor que muestra efectos de resistencia negativa y que puede ser fabricado de una manera simple y reproducible.

En el transistor de acuerdo con la invención, cuando se parte de una superficie límite del cuerpo cercana al contacto emisor, una parte no conductora penetra la base, parte que hace más angosto el paso de corriente del emisor al contacto de base y se aproxima al colector a una distancia menor que la distancia mínima entre el emisor y el colector, siendo la disposición tal que se produce una resistencia diferencial negativa en la curva característica que muestra la relación entre la corriente de colector y la diferencia de potencial en la dirección inversa entre el contacto colector y el contacto de base para una diferencia de potencial constante en la dirección de paso entre el contacto emisor y el contacto de base. Los términos "emisor" y "colector" deben ser entendidos en este caso como significando la superficie activa de la juntura que separa respectivamente la zona emisora y la zona colectora de la base. El término "parte no conductora" debe ser entendido como signi-

240176



17 FEB 1954

ficando una parte cuya conductividad es tan pequeña que esta parte no es atravesada por ninguna corriente apreciable. Además, se supone que el contacto de base está separado del colector por una distancia mayor que la distancia entre el emisor y el colector, como en el caso usualmente en los transistores.

La invención se basa en el reconocimiento del hecho que en este transistor, debido a la expansión de la capa de agotamiento del colector, que resulta de una diferencia de potencial en sentido inverso entre el contacto de base y el contacto colector, en cooperación con la parte no conductora antes descrita, la abertura de pasaje restante en el paso de corriente del emisor al contacto de base puede ser considerablemente reducida, de modo que la resistencia de base entre el emisor y al contacto de base durante el aumento de la diferencia de potencial entre el colector y el contacto de base aumenta grandemente y con una diferencia de potencial constante en la dirección de paso entre el contacto emisor y el contacto de base, la caída de tensión sobre la juntura emisora disminuye y por lo tanto el número de portadores de carga emitidos disminuye, de modo que la corriente de colector al aumentar la diferencia de potencial en sentido inverso entre el contacto colector y el contacto de base puede disminuir y puede producirse una resistencia diferencial negativa.

El efecto será más evidente cuanto mayor es el aumento de la resistencia de base con un aumento dado en la diferencia de potencial inverso entre el contacto de base y el contacto colector.

A fin de obtener una variación perceptible en la resistencia de base, la expansión de la capa de agotamiento debe te-

240176

17



ner lugar substancialmente en la base. Si la base tiene una resistencia específica elevada con respecto a la resistencia específica de la zona colector, la expansión de la capa de agotamiento substancialmente tiene lugar en la base. A fin de obtener una variación deseada en la profundidad de penetración de la capa de agotamiento en la base como una función de la diferencia de potencial aplicada sobre la capa de agotamiento es posible variar la resistencia específica del semi-conductor en cada lado de la juntura en función de la distancia de la juntura.

Además, la distancia entre la parte no-conductora y el colector es preferentemente elegida para ser tal que la parte no conductora está situada dentro del alcance de la capa de agotamiento dado que, en este caso, la variación en la resistencia de base es máxima con una forma dada de la parte no conductora. Se supone que la parte no conductora está situada dentro del alcance de la capa de agotamiento si la capa de agotamiento del colector puede penetrar en la parte no conductora con una diferencia de potencial inverso entre el contacto colector y el contacto de base que es adecuada para usos prácticos. Esta diferencia de potencial en cualquier caso debe ser menor que la tensión de ruptura de la capa de agotamiento del colector.

Un transistor particularmente adecuado es del tipo en que cualquier posible línea de conexión en la base entre el emisor y el contacto de base se acerca al colector hasta una distancia menor que la distancia mínima entre el emisor y el colector, suponiéndose que la parte no conductora no forma parte de la base. De hecho, en tal transistor, el paso de corriente desde el emisor al contacto de base es localmente concentra-

240176

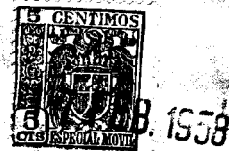


do en todas las direcciones sobre el colector. Si además, la altura de pasaje en la parte local angosta está ubicada en todas las direcciones dentro del alcance de la capa de agotamiento del colector, el transistor tiene la característica especial que, cuando una cierta diferencia de potencial, la así llamada tensión de bloqueo, es aplicada entre el contacto colector y el contacto de base, el paso de corriente desde el emisor al contacto de base puede ser completamente bloqueado. Si entre el contacto colector y el contacto de base se aplica una diferencia de potencial igual a, o mayor que la tensión de bloqueo, la corriente de colector tiene un valor que corresponde substancialmente a la característica inversa del sistema entre el contacto emisor y el contacto colector.

La parte no conductora debe aproximarse al colector hasta una distancia menor que la distancia mínima entre el emisor y el colector, a fin de permitir una variación considerable en la resistencia de base y también evitar que la capa de agotamiento del colector alcance al emisor y así se produzca un corto circuito de estas partes antes que el paso de corriente desde el emisor y el contacto de base haya sido interrumpido completamente o en parte.

En una realización simple y particularmente adecuada, de un transistor de acuerdo con la invención, la parte no conductora está situada en una región anular que rodea la zona emisora, partiendo de la superficie del cuerpo alrededor del contacto emisor, mientras que la base de contacto está dispuesta sobre una parte de la superficie del cuerpo que está situada fuera de la superficie rodeada por esta región anular. Esta configuración puede ser obtenida de una manera simple por medio de mordicación electrolítica, mediante la cual la parte no conductora penetra.

240176



la zona de base y la zona emisora, partiendo de una parte de la superficie del cuerpo adyacente al área en que aparece la zona emisora en la superficie del cuerpo.

En un cierto caso, puede ser ventajoso que la zona coleccionadora también este rodeada por una parte no conductora.

Tomando en cuenta sus propiedades eléctricas, el transistor de acuerdo con la invención es adecuado para ser usado en la técnica de conmutación en que puede ser muy importante que el transistor sea conmutado muy rápidamente de una condición a otra, por ejemplo de una condición con corriente a una condición substancialmente sin corriente, En este caso, es preferentemente usado para el transistor un material semi-conductor en que los portadores de carga tienen un periodo de vida que es corto con respecto al tiempo de conmutación deseado en el funcionamiento.

En el transistor de acuerdo con la invención, de los materiales de germanio y silicio semiconductores, que hasta ahora han sido usualmente empleados para los transistores, es preferido el material de silicio. dado que este semi-conductor permite obtener una corriente inversa menor que la que puede obtenerse con germanio, mientras que el silicio es también más favorable tomando en cuenta su menor sensibilidad a la temperatura.

La parte no conductora puede ser formada mediante un corte provisto en el cuerpo por mordicación o mediante una operación mecánica, por ejemplo, por aserrado, amolado o perforado. Podría ser posible que la estructura mecánica del transistor sea considerablemente debilitada por el corte. En este caso, el transistor es preferentemente rodeado por un material aislante, por ejemplo laca de silicona, que refuerza la estructura sin



afectar perjudicialmente el funcionamiento del transistor.

Sin embargo, como alternativa, la parte no conductora puede estar constituida por una parte semi-conductora que tiene una naturaleza óhmica elevada con respecto a la base semi-conductora

5           Un método particular de acuerdo con la invención para la fabricación de un transistor como ha sido descrito precedentemente, en que se hace uso del proceso de mordicación ya conocido, consiste en que, después que por lo menos la zona emisora y el contacto emisor han sido provistos sobre la base, el conjunto es sometido a un tratamiento de mordicación electrolítica con el uso de un agente mordicador que forma una transición óhmica baja con el material de la zona emisora y una transición óhmica elevada con el material de la zona de base, siendo usado el contacto emisor como un electrodo y siendo eliminadas de la base parte de la zona emisora y una capa continua. Es posible así obtener un corte redondo de la zonaemisora que penetra la base desde una parte de la superficie del cuerpo adyacente al área en que aparece la zona emisora en esta superficie. En este caso es posible aún eliminar material por debajo del contacto emisor en dependencia de la duración del tratamiento de mordicación. Resultará evidente que, durante el tratamiento de mordicación, aquellas partes del transistor que no deben ser químicamente atacadas por el agente mordicador, por ejemplo, el contacto de base, son protegidas.

15           En la fabricación de un transistor cuya zona emisora semi-conductora consiste de silicio de tipo p, el agente mordicador preferentemente usado es una solución acuosa fluorhídrica, siendo aplicada una tensión positiva, con respecto al baño de mordicación, al contacto emisor. También se ha encontrado que, si un alcohol, por ejemplo alcohol etílico, es agregado al baño de mor-

240176



dicación, el proceso de mordicación bajo condiciones similares en lo demás, se limita menos selectivamente al silicio de tipo p y el corte se vuelve más ancho y penetra la base a una profundidad mayor. Una composición favorable del baño de mordicación es, por ejemplo, una parte en volumen de alcohol etílico con una parte en volumen de una solución acuosa fluorhídrica al 48%.

En la fabricación de un transistor, cuya zona emisora consiste de germanio de tipo p preferentemente se hace uso de una solución acuosa de hidróxido de potasio, siendo aplicada al contacto emisor una tensión positiva con respecto al baño mordicante.

Se ha encontrado también, que si además una diferencia de potencial en sentido inverso es mantenida entre el contacto colector y el contacto de base durante el tratamiento de mordicación electrolítico, de modo que la capa de agotamiento del colector penetra la base hasta una cierta distancia, el corte puede penetrar la base solamente hasta la capa de agotamiento. En la fabricación de un transistor en que debe ser posible bloquear el paso de corriente desde el emisor al contacto de base con una diferencia de potencial predeterminada sobre la juntura del colector tal como se desea en el funcionamiento, este efecto es utilizado manteniendo esta diferencia de potencial deseada entre el contacto de base y el contacto colector durante el tratamiento de mordicación electrolítica, lo que usualmente requiere el uso de una fuente de tensión separada. El tratamiento de mordicación es luego continuado por lo menos hasta que el corte ha alcanzado la capa de agotamiento. Un resultado similar es obtenido manteniendo dicha diferencia de potencial entre el contacto emisor y el contacto colector dado que la caída de tensión sobre la unión

240176



del emisor, que en este caso es polarizado en la dirección de paso, es despreciable.

Un método particularmente simple de acuerdo con la invención consiste en que una diferencia de potencial igual a la tensión de bloqueo deseada es mantenida como la tensión de mordición entre el contacto emisor y el contacto colector.

Es solamente la profundidad de penetración del corte en la base es importante para el funcionamiento del transistor, sino también la expansión lateral del corte bajo el contacto emisor, que es substancialmente inevitable con el tratamiento de mordición electrolítica descrito precedentemente. Esta expansión lateral usualmente debe ser limitada tanto como sea posible, dado que produce una reducción del emisor. Durante el tratamiento de mordición electrolítica en que la profundidad de penetración obtenible es determinada manteniendo una diferencia de potencial sobre la capa de agotamiento del colector, una indicación respecto a esta expansión lateral puede ser encontrada probando la corriente sobre el contacto de base. Para evitar cualquier otra expansión lateral innecesaria desde el momento en que el corte ha alcanzado la capa de agotamiento el tratamiento de mordición electrolítica es terminado en el momento en que la corriente sobre el contacto de base, después de una disminución gradual inicial, asume un valor substancialmente constante.

En un caso determinado, otra indicación simple respecto a la expansión lateral puede encontrarse en la variación en la corriente de mordición con una tensión de mordición constante. Cuando una capa electrolítica de bloqueo se forma entre el electrolito y el material del contacto emisor, como es el caso, por ejemplo con aluminio en una solución acuosa



fluorhídrica, esta indicación puede encontrarse probando la va-  
riación en la corriente de mordicación con una tensión de mor-  
dicación constante, siendo substancialmente determinada la va-  
riación en la corriente de mordicación, después que se ha for-  
5 mado la capa de bloqueo por el tamaño de la superficie semi-conduc-  
tora que queda sometida a mordicación. El tratamiento de mordi-  
cación electrolítica de un transistor, una parte de cuya zona  
emisora opuesta al colector es plana, en un agente mordicador  
que forma una capa de bloqueo con el material del contacto emi-  
10 sor, es preferentemente terminada al comienzo del intervalo  
de tiempo en que la corriente de mordicación disminuye mucho  
por segunda vez. Un caso tal ocurre, por ejemplo en la mordi-  
cación electrolítica en una solución acuosa fluorhídrica de  
un transistor, cuyo material semi-conductor consiste de silicio  
15 y cuya zona emisora y el contacto emisor son obtenidos aleando  
al mismo una cantidad de aluminio. Esto se explicará más de-  
talladamente más adelante en la descripción.

La invención también se refiere a un dispositivo sensi-  
ble a la radiación. Este tiene por objeto proveer un dispositi-  
20 vo sensible a la radiación que es extremadamente sensible a  
la irradiación y que muestra una relación muy favorable entre  
la corriente de colector durante la irradiación y la corriente  
de colector sin irradiación.

Dicho dispositivo comprende el transistor antes descri-  
25 to en que una diferencia tal de potencial se produce tempora-  
riamente sobre la capa de agotamiento del colector que el paso  
de corriente desde el emisor al contacto de base es interrumpi-  
do por lo menos en parte en la ausencia de radiación. Una tal  
diferencia de potencial sobre la capa de agotamiento del colec-  
30 tor puede ser producida por ejemplo, manteniendo una diferencia

240176



de potencial igual a la tensión de bloqueo  $V_{eo}$  entre el contacto de base y el contacto selector o entre el contacto emisor y el contacto colector.

La invención se basa en el descubrimiento de que en un transistor en que el paso de corriente desde el contacto de base al emisor es interrumpido, la condición de bloqueo puede ser eliminada mediante irradiación con rayos de una longitud de onda tal que portadores de carga libre adicionales son excitados en la base del transistor, y más particularmente en la capa de agotamiento del colector. La irradiación es preferentemente efectuada sobre el lado emisor del transistor en que está situada la parte no conductora. El circuito colector preferentemente incluye un resistor.

El dispositivo de acuerdo con la invención es adecuado más particularmente como un relevador conmutador sensible a la radiación si un relevador es incluido en el, circuito de base y/o el circuito colector y/o el circuito emisor.

La invención también se refiere a un circuito que utiliza un transistor de la clase antes descrita.

La invención puede ser usada con gran ventaja en circuitos en que se produce temporariamente una diferencia de potencial tal elevada sobre la capa de agotamiento del colector que el paso de corriente entre el emisor y el contacto de base es interrumpido por lo menos en parte, de modo que la resistencia de entrada entre el contacto emisor y el contacto de base aumenta considerablemente. Aplicaciones particulares serán explicadas más detalladamente más adelante.

Los diversos aspectos de la invención serán ahora explicados en detalle con referencia a una pluralidad de ejemplos aclarados por medio de figuras esquemáticas.



La figura 1 es una vista en corte de un transistor de acuerdo con la invención.

Las figuras 2 a 5 muestran algunas curvas características de un transistor de acuerdo con la invención.

5 La figura 6 es una vista en corte de otra realización de un transistor de acuerdo con la invención.

La figura 7 muestra curvas características del transistor de la figura 6.

10 Las figuras 8 y 9 son vistas en elevación y en corte respectivamente de una tercer realización de un transistor de acuerdo con la invención.

Las figuras 10 a 13 son vistas en corte de otras realizaciones de un transistor de acuerdo con la invención.

15 Las figuras 14 y 15 muestran esquemáticamente dispositivos para la mordicación electrolítica de un transistor de acuerdo con la invención.

La figura 16 muestra un gráfico de la variación de corriente durante el proceso de mordicación.

20 La figura 17 muestra un diagrama esquemático de un dispositivo sensible a la radiación de acuerdo con la invención.

Las figuras 18 y 19 muestran diagramas de circuito en que se usa un transistor de acuerdo con la invención..

25 Las figuras 20 y 21 muestran varias formas de impulso de tensión usadas en ellos.

30 La parte semi-conductora en forma de disco del transistor de aleación mostrado en corte en la figura 1 comprende una base 1 una zona emisora 2 y una zona colectoras 3. El emisor 4 y el colector 5 con las uniones activas que separan la zona emisora 2 y la zona colectoras 3, respectivamente, de la base 1.



Sobre el lado emisor del disco está dispuesto un contacto de base 6, el que está asegurado un conductor de alimentación 7.

Contactos con la zona emisora 2 y la zona colectoras 3 son formados aleando cantidades de metal 8 y 9, a los que son asegurados conductores de alimentación. Aparte del contacto de base, el transistor mostrado en la figura 1 muestra una simetría circular. Partiendo de la superficie límite del cuerpo transistor adyacente al contacto emisor, es provisto un corte 10, que rodea en una región anular la zona emisora 2 y que estrecha el paso de corriente desde el emisor 4 al contacto de base 6. Este corte no debería confundirse con la ranura conocida que se obtiene si en un transistor al área en la que aparece una juntura en la superficie, es sometida a un proceso de mordicación posterior, porque esta ranura penetra en el cuerpo transistor en una extensión más pequeña que en el emisor y por lo tanto no tiene importancia para cualesquier efecto de resistencia. El contacto de base 6 ocupa una parte de la superficie de base colocada fuera de la superficie del cuerpo incluida por el corte. En este transistor, cualquier posible línea conectora en la base entre el emisor y el contacto de base se aproxima al colector 5, hasta una distancia menor que la distancia mínima entre el emisor 4 y el colector 5. Si la base tiene una resistencia específica elevada con respecto a la resistencia específica de la zona colectoras, la capa de agotamiento substancialmente penetra en la base. Si es deseable obtener el efecto que el paso de corriente entre el emisor y el contacto de base sea interrumpido para una cierta diferencia de potencial sobre la juntura colectoras, la periferia total de la parte no conductora en la posición estrechada 12 debe estar colocada dentro del alcance de la capa de agotamiento. La expresión "po

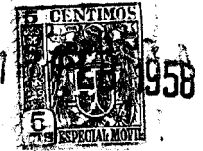
240176



sición estrechada" debe entenderse como significando la porción más angosta del paso de corriente en la base, que también está indicada por flechas en la figura 1.

Este transistor puede ser fabricado, por ejemplo de la siguiente manera:

Un disco semi-conductor circular que consiste de silicio de tipo a que tiene un diámetro de aproximadamente 2,500 micrones y una resistencia específica de 4 Ohm/cm, es aserrada de una varilla monocristalina y mordicada hasta un espesor de aproximadamente 300 micrones en un baño de mordicación que contiene 15 cm<sup>3</sup> de ácido acético glacial, 15 cm<sup>3</sup> de solución acuosa fluorhidrica al 48%, y 25 cm<sup>3</sup> de ácido nítrico azoico humeante. Dos alambres de aluminio cada uno de los cuales tiene un diámetro de 300 micrones son fijados en posición enfrentada en el centro del disco por medio de una plantilla de carbón, mientras que una pequeña bola de aproximadamente 500 micrones de diámetro que consiste de una aleación de 3 partes en peso de oro y 1 parte en peso de antimonio es dispuesta sobre un lado del disco. El conjunto es luego calentado durante algunos minutos en una mezcla gaseosa circulante de hidrógeno y nitrógeno a una temperatura de aproximadamente 700° C. Después del enfriamiento a la temperatura ambiente se han formado las zonas emisora y colectoras y sus contactos. El contacto de base es ahora protegido, por ejemplo, con la ayuda de una solución de poliestireno en tolueno, siendo luego el conjunto sometido a un tratamiento de mordicación electrolítica en un baño mordicante que contiene una parte de una solución acuosa fluorhidrica al 48% con dos partes de alcohol etílico. Al alambre de aluminio de la zona emisora se aplica una tensión positiva con respecto al electrodo de platino colocado en el electrolito a una pequeña distancia del transistor.



El electrolito constituye una transición de baja resistencia óhmica con el silicio de tipo p de la zona emisora y una transición de resistencia óhmica elevada con el silicio de tipo n de la base, de modo que el material de la zona emisora y una capa adyacente de la base son eliminados por mordicación. El corte penetra en la zona emisora y en la zona de base, partiendo de aquella parte de la superficie del cuerpo que es adyacente al área en que aparece la zona emisora en la superficie del cuerpo. El proceso de mordicación dura 200 segundos con una corriente de mordicación de 60 miliamperes, y 5 segundos con una corriente de mordicación de 20 miliamperes, después de lo cual el transistor es retirado del baño mordicante. La capa protectora es disuelta en metilbenceno hirviendo y el transistor es lavado en agua desionizada. El lado colector es mordicado luego durante varios segundos en un baño mordicante químico que contiene una parte en volumen de ácido fluorhídrico acuoso al 48% con 2 partes en volumen de ácido nítrico azoico humeante y luego lavado. El transistor producido que se muestra esquemáticamente en la figura 1, presenta efectos de resistencia negativa. De un corte transversal del transistor se ha encontrado que el espesor de la base es 70 micrones y la distancia entre el corte y el colector en la parte estrechada es 6 micrones. Se encontró que la tensión de bloqueo era 35 Volts.

La figura 2 muestra esquemáticamente un gráfico de las relaciones entre la corriente de colector  $I_o$ , que está trazada verticalmente en unidades arbitrarias, y la diferencia de potencial en la dirección inversa entre el contacto colector y el contacto de base,  $V_{bc}$ , que está trazada horizontalmente en unidades arbitrarias para diferentes valores de la diferencia de potencial  $V_{eb}$  en la dirección de paso entre el contacto emi-



sor y el contacto de base. El valor de  $V_{eb}$  asociado con las curvas características 15, 16 y 17 aumenta en este orden. De  $V_{bc} = V_b$  a  $V_{bc} = V_0$ , la curva característica es muy similar a la de un transistor común. Esta parte de la curva característica solamente está desplazada hacia la izquierda con respecto a la de un transistor convencional debido a la ocurrencia de una resistencia de base interna, que es ocasionada por la parte no conductora y que ya produce una diferencia de tensión en el sentido inverso para  $V_{bc} = 0$  sobre la juntura del colector. De  $V_{bc} = V_0$  a  $V_{bc} = V_k$  es atravesada una región de resistencia diferencial negativa, en la cual la corriente de colector disminuye al aumentar  $V_{bc}$ . En esta región el aumento en la resistencia de base y la disminución resultante en la corriente de colector son predominantes con respecto a los otros factores que aumentan la corriente de colector, tal como, por ejemplo, la disminución en el espesor de la base. El paso de corriente del contacto de base al emisor es bloqueado a la tensión  $V_k$ . Para una diferencia de potencial colector-base mayor que  $V_k$ ,  $I_c$  como una función de  $V_{bc}$  describe una curva característica similar a la característica inversa del sistema de capa de bloqueo entre el contacto emisor y el contacto colector.

La acción interruptora de la capa de agotamiento del colector también aparece claramente del gráfico de la figura 3 en la que la diferencia de potencial  $V_{eb}$  está trazada horizontalmente en unidades arbitrarias y la corriente emisora  $I_e$  está trazada verticalmente en unidades arbitrarias. Las curvas características son dadas para valores diferentes de la diferencia de potencial  $V_{bc}$ . La curva característica 20, que corresponde a una diferencia de potencial  $V_{bc}$ , ubicada entre  $V_b$  y  $V_0$  (vease figura 2) es muy similar a la de un transistor con-



vencional. La acción bloqueadora de la capa de agotamiento es poco visible. De la curva 21, en comparación con la curva 20, surge que en las condiciones que corresponden a las de la curva 21, la resistencia entre el emisor y el contacto de base ha aumentado. Esta curva se refiere a una diferencia de potencial  $V_{bc}$ , ubicada entre  $V_o$  y  $V_k$  de la figura 2. La curva 22 muestra las condiciones, a las cuales se refiere  $V_{bc}$  mayor que  $V_k$  en que el paso de corriente desde el emisor al contacto de base es completamente interrumpido por la acción de la capa de agotamiento, de modo que aparte de una pequeña corriente de bloqueo desde el contacto de base al contacto colector solamente puede producirse aquella corriente del emisor que pasa por el sistema de capa de bloqueo entre el contacto emisor y el contacto colector.

El aumento de resistencia de la base y el bloqueo del paso de corriente desde el emisor al contacto de base también surge de otras curvas características del transistor, tales, por ejemplo, como las mostradas en las figuras 4 y 5. En la figura 4, la corriente de base  $I_b$  está trazada verticalmente y  $V_{eb}$  está trazada horizontalmente para 3 valores constantes de la diferencia de potencial  $V_{eo}$ , entre el contacto colector y el contacto emisor, en que el contacto emisor es positivo con respecto al contacto colector. En la figura 5  $I_o$  está trazada verticalmente y  $V_{eo}$  está trazada horizontalmente para 3 valores constantes de  $V_{eb}$ . Todas las magnitudes están trazadas en unidades arbitrarias, mientras que el valor del parámetro de las curvas características asociado con una figura aumenta en el mismo orden que el orden de los números que se refieren a las curvas características.

La figura 2 muestra que la resistencia diferencial nega



tiva ya se produce para una diferencia de potencial entre el contacto de base y el contacto colector que es menor que la tensión de bloqueo. Consecuentemente, si se desea solamente un transistor que tiene una resistencia diferencial negativa, no es necesario que en el transistor pueda ser interrumpido completamente en paso de corriente desde el emisor al contacto de base. Para la ocurrencia de una resistencia diferencial negativa, solamente es necesario que la disminución en la corriente de colector que resulta del aumento en la resistencia de base sea mayor que el aumento en la corriente de colector que resulta de otros factores, tales como, por ejemplo, la disminución en el espesor de la base durante la expansión de la capa de agotamiento, el mecanismo de avalancha en la capa de agotamiento, etc.

El valor de la resistencia diferencial negativa es decir la pendiente de la curva característica de la figura 2, en la zona de tensión entre  $V_0$  y  $V_k$  está determinado, entre otros, por el valor  $V_0$  es decir la diferencia de potencial para la cual la corriente de colector comienza a decrecer mientras aumenta  $V_{bc}$ , y el valor  $V_k$ , es decir la diferencia de potencial para la cual la corriente de colector, después de una disminución nuevamente comienza a aumentar.

Estas dos tensiones y el valor de la resistencia de compensación están determinadas substancialmente por dos factores: la geometría del corte y la resistencia específica del semiconductor a cada lado de la juntura del colector, más particularmente, la resistencia específica en aquella parte de la base que es ocupada por la capa de agotamiento cuando el paso de corriente desde el emisor al contacto de base es interrumpido completamente o en parte. La tensión  $V_k$  es menor cuanto mayor sea la resistencia específica de aquella parte de la base que está

240176



5 ubicada entre la parte no conductora y el colector y cuanto menor es la distancia entre la parte no conductora y el colector. Efectos particulares pueden ser obtenidos proveyendo, por ejemplo, que la resistencia especifica en la base dependa de la distancia desde la juntura del colector. Así, por ejemplo, aquella parte de la base que está ubicada entre el emisor y la parte no conductora, puede comprender una capa delgada de naturaleza óhmica comparativamente baja contigua al colector, y una parte de naturaleza óhmica comparativamente elevada contigua a la parte no conductora.

10 La expansión de la capa de agotamiento es pequeña mientras la misma permanezca en la parte de naturaleza óhmica baja y tienen poca influencia sobre la resistencia de base del transistor, mientras que la expansión y por lo tanto la influencia de la capa de agotamiento sobre la resistencia de base puede ser mucho mayor para una diferencia de potencial mayor que la diferencia de potencial a la cual la capa de agotamiento alcanza la parte de naturaleza óhmica elevada.

15 También puede resultar ventajoso rodear al colector con una parte no conductora. En el transistor mostrado en la figura 6, tanto la zona emisora 2 como la zona colectora 30 están rodeadas por corte 10 y 31, respectivamente, estando ubicado el corte 10 que rodea al emisor dentro del alcance de la capa de agotamiento del colector, la parte de la base 1 ubicada entre el emisor 4 y el colector 32 comprende una porción 33 de naturaleza óhmica comparativamente baja y una porción 34 de naturaleza óhmica comparativamente elevada. La porción 33 de naturaleza óhmica baja de la base, lateralmente está rodeada completamente por el corte 31, provisto en el lado del colector. La expansión inicial de la capa de agotamiento, que es comparativa-

240176



mente a pequeña en la parte de naturaleza óhmica baja 33, no  
tiene influencia sobre la resistencia de base mientras que la  
capa de agotamiento permanece en esta parte de naturaleza óh-  
mica baja. Sin embargo tan pronto como la capa de agotamiento  
5 penetra en la parte de naturaleza óhmica elevada 34, la expan  
sión de la capa de agotamiento del colector influencia la re-  
sistencia de base. Consecuentemente el transistor de la figu-  
ra 6 puede mostrar curvas características  $I_c - V_{bc}$  para dife-  
rentes valores de  $V_{eb}$ , como se muestra en el diagrama de la  
10 figura 7. En esta figura, todos los valores están trazados en  
unidades arbitrarias. Estas curvas características 40 y 41 y  
42, el valor asociado  $V_{eb}$ , de las cuales aumenta en este orden  
corresponden a curvas características análogas de un transistor  
convencional en una zona mayor, a saber entre  $V_p$  y  $V_o$ , que las  
15 curvas características 15, 16 y 17 de la figura 2.

Como regla puede suponerse que cualquier relación funcio-  
nal deseada entre la expansión de la capa de agotamiento en la  
base y la diferencia de potencial aplicada a la capa de agotamien-  
to puede ser lograda, proveyendo que la resistencia específica del  
20 semi-conductor en la base y en la zona colectora dependen de un  
modo adecuado. También mediante una elección adecuada de la for-  
ma del corte, es posible obtener una resistencia diferencial ne-  
gativa de cualquier valor deseado.

A continuación serán descritas varias otras realizaciones  
25 de un transistor de acuerdo con la invención.

Las figuras 8 y 9 muestran una vista en elevación y un cor-  
te transversal, respectivamente, de un transistor, cuyo contacto  
emisor 8 y la zona emisora 45 están rodeados por un corte 46 que  
está interrumpido sobre una corta distancia en el lado alejado  
30 del contacto de base 6. Cuando la capa de agotamiento se expande



hacia el corte 46, el paso de corriente desde el emisor 47 al contacto de base 6 no está completamente interrumpido, sino substancialmente interrumpido. La disminución en la corriente de colector durante el aumento de  $V_{bc}$  en este caso se realiza para una razón menor que cuando la parte emisora está completamente rodeada por el corte, como es el caso de la figural.

En el transistor mostrado en la figura 10, la parte no conductora 50, que es de material aislante o un semi-conductor intrínseco rodea a modo de anillo la zona emisora 31, aproximándose al colector 5 hasta una distancia menor que la distancia desde el emisor 52 al colector 5. A diferencia del transistor mostrado en la figura 1, la parte no conductora 50 está situada completamente dentro de la base 1.

En el transistor mostrado en la figura 11, la base 55 al lado del contacto emisor 56 está parcialmente eliminada del lado emisor del transistor, por ejemplo, por medio de mordicación. El contacto de base 57 está dispuesto sobre una parte localmente delgada de la base a una distancia del colector 58 que es mayor que la distancia mínima entre el colector y el corte 59. El paso de corriente del emisor 60 al contacto de base 57 es bloqueado tan pronto como la capa de agotamiento del colector 58 se ha expandido hasta la línea punteada 61.

La figura 12 muestra un transistor en que un corte 65 perfora la zona emisora 66. El contacto emisor 67 está dispuesto sobre una porción central 68 de la zona emisora, de modo que solamente la juntura 69 de esta parte de la zona emisora es activa con la base como un emisor. El paso de corriente desde el emisor 69 al contacto de base 6 es bloqueado en el momento en que la capa de agotamiento del colector 70 alcanza la línea punteada 61.

En las realizaciones precedentes, el contacto de base es

240176



mostrado invariablemente como un contacto local. Resultará evidente que el contacto de base puede tener toda clase de formas, por ejemplo, una forma anular o en forma de U. Además, el contacto de base usualmente puede ser dispuesto ya sea sobre el lado emisor o sobre el lado colector del transistor.

A fin de obtener el efecto de bloqueo, es necesario que la zona colectoras o el contacto colector no sean mayores que la zona emisora o el contacto emisor, siempre que la parte no conductora penetre bajo la parte emisora hasta una profundidad tal que la distancia entre la parte no conductora y el colector es menor que la distancia entre el emisor y el colector. En el transistor mostrado en la figura 13, la parte emisora, tanto la zona emisora 75 como el contacto emisor 8, es mayor que la parte colectoras, la zona colectoras 3 y 31 contacto colector 9, pero el corte 76 penetra bajo la zona emisora hasta una profundidad tal que la distancia entre el corte 76 y el colector 5 es considerablemente menor que la distancia entre el emisor 77 y el colector 5.

Para proveer un corte, preferentemente se usa un proceso de mordicación. Es posible proveer el corte en el cuerpo semiconductor antes de proveer las varias zonas y contactos, por ejemplo por difusión o aleación. Sin embargo, un método más simple es proveer primero las varias zonas y contactos, por lo menos la zona emisora y el contacto emisor y a continuación someter el conjunto a un tratamiento de mordicación.

En este caso puede utilizarse con gran ventaja el hecho que ciertos agentes mordicantes forman una transición óhmica baja con un material semiconductor de un tipo de conductividad determinada y una transición óhmica elevada con el mismo material de tipo de conductividad opuesta. Esto puede ser claramente explica-

240176



do con referencia a un ejemplo, a saber una solución acuosa fluor-  
hidrica, que forma un contacto óhmico bajo con silicio de tipo p,  
y con un contacto óhmico elevado con silicio de tipo n. Durante  
el tratamiento de mordicación de un transistor p-n-p, cuyo mate-  
5 rial semiconductor consiste de silicio, una tensión positiva con  
respecto al baño de mordicación es aplicada al contacto emisor.  
El proceso de mordicación selectiva presumiblemente puede ser  
explicado como sigue: los iones de Fluor circulan hasta el elec-  
trodo positivo donde pueden descargarse combinandose con una la-  
10 guna y subsecuentemente unirse ellos mismos con silicio localmen-  
te presente para formar fluoruro de silicio que es soluble en el  
electrolito. Así, el proceso de mordicación substancialmente se  
realiza en el área en que están presentes muchas lagunas y por lo  
tanto en la zona emisora, que consiste de silicio de tipo p, y  
15 también en una capa de base contigua al emisor, dado que en esta  
capa son introducidas lagunas por el emisor debido a que una  
tensión de la dirección de paso es mantenida sobre la juntura del  
emisor durante el tratamiento de mordicación. Si fuera neces-  
ario, la zona colectora puede ser protegida para evitar la mordi-  
20 cación de la zona colectora de tipo p.

Para proveer el corte, como alternativa puede aprovecharse  
el hecho conocido que mediante irradiación local del semi-conduc-  
tor con radiación de una longitud de onda adecuada, un gran número  
de portadores de carga, entre ellos lagunas y electrones, son ex-  
25 citados en el área en que incide la radiación. Dichos portadores  
de carga pueden descargar los iones mordicantes y hacen posible  
localmente el proceso de mordicación.

Aunque la explicación precedente ha sido dada para el ca-  
so especial del silicio en una solución acuosa fluorhidrica, la  
30 misma se aplica en un sentido mucho más general, por ejemplo pa-

240176



ra mordicar un transistor p-n-p, cuyo material semi-conductor consiste de germanio, con la ayuda de una solución acuosa KOH.

5 Se ha encontrado también en la mordicación de transistores p-n-p, cuyos materiales semi-conductores consisten en silicio, en una solución acuosa fluorhídrica que el ancho del corte y la profundidad de penetración del corte en la base se vuelve mayor cuanto mayor cantidad de alcohol etílico es añadida al baño de mordicación.

10 Si se desea fabricar un conjunto de capa de bloqueo en que el paso de corriente desde el emisor al contacto de base puede ser interrumpido para una tensión determinada sobre la capa de agotamiento del colector, puede utilizarse una fuente de tensión separada para aplicar esta diferencia de potencial, durante el tratamiento de mordicación entre el contacto de base y el contacto 15 colector o entre el contacto emisor y el contacto colector. El corte puede entonces penetrar solamente hasta la capa de agotamiento y el conjunto de capa de bloqueo tiene una tensión de bloqueo igual, o sustancialmente igual a la diferencia de potencial aplicada durante el tratamiento de mordicación, entre 20 el contacto de base y el contacto colector o entre el contacto emisor y el contacto colector.

25 Además, usualmente es necesario limitar tanto como sea posible la expansión lateral bajo el contacto emisor. El tratamiento de mordicación es preferentemente terminado tan pronto como el corte ha alcanzado la capa de agotamiento. Una indicación de este momento puede encontrarse probando la corriente de base durante el tratamiento de mordicación. Un ejemplo de un tratamiento de mordicación. electrolítica en que, además del ajuste de la profundidad de penetración de la capa de agotamiento del colector, la corriente de base es probada por medio de una fuente de 30

240176



tensión separada, será explicada a continuación con referencia al diagrama de la figura 14.

Un transistor de aleación de silicio p-n-p es sumergido en un baño de mordicación, conteniendo por ejemplo 1 parte en volumen de ácido fluorhídrico al 48% con dos partes en volumen de alcohol etílico. Los alambres de suministro para el transistor son protegidos, por ejemplo, con una solución de poliestireno en tolueno así como el transistor, excepto el contacto emisor 81 y el lado 82 del transistor, sobre el cual está provisto este contacto emisor. La capa protectora está indicada en líneas punteadas. La tensión de mordicación es aplicada entre el contacto emisor 81 y un electrodo de platino 83, siendo conectado el contacto emisor al terminal positivo de una fuente de tensión 84. Una diferencia de potencial que determina la profundidad de penetración del corte y es igual a la tensión deseada de bloqueo del transistor es aplicada entre el contacto colector 86 y el contacto de base 87 por medio de una fuente de tensión separada 85. El corte puede penetrar solamente hasta la capa de agotamiento, aún si el tratamiento de mordicación se continua durante un tiempo prolongado. Después que el corte ha alcanzado la capa de agotamiento, el mismo se expande además lateralmente solo bajo el contacto emisor debido a que la zona emisora y la capa de base contigua entre el contacto emisor y la capa de agotamiento sufre la acción mordicante. A fin de obtener una indicación del momento en que el corte alcanza la capa de agotamiento, una fuente de tensión 88 que mantiene una diferencia de potencial constante está dispuesta entre el contacto de base 87 y el contacto emisor 81 en serie con un amperímetro 89, que indica la corriente de base. El contacto emisor es conectado positivamente con respecto al contacto de base. Cuando el corte se aproxima a la capa de agotamiento, la resisten-

240176

17 FEB 1956



5           cia de la base aumenta y la corriente de base disminuye cada vez más. Desde el momento en que el corte se pone en contacto con la capa de agotamiento en toda su periferia, el paso de corriente desde el contacto emisor al contacto de base es bloqueado y la corriente de base asume un valor substancialmente constante. El tratamiento de mordicación es así preferentemente terminado en el momento en que la corriente de base, después de una disminución inicial, asume un valor substancialmente constante. Debería notarse que la corriente de base puede ser probada y el momento en que el tratamiento de mordicación debe ser terminado puede ser determinado de la misma manera si la tensión de mordicación es aplicada entre el contacto emisor y el contacto colector y, en lugar del electrodo de platino 83, es usado como cátodo el contacto colector, que en este caso no es protegido.

10           Si durante el tratamiento de mordicación de un transistor, el agente mordicante y el material de contacto emisor son tales que una capa de bloqueo se forma entre ellos durante la mordicación, otra indicación simple respecto a la expansión lateral puede encontrarse en la variación de la corriente de mordicación para una tensión de mordicación constante. Esto será explicado más detalladamente con referencia al ejemplo mostrado en el diagrama de la figura 15, en que un transistor p-n-p de silicio es mordicado electrolíticamente, cuyo contacto emisor y cuya zona emisora han sido obtenidas aleando al mismo una cantidad de aluminio. Un baño de mordicación 92 (vease figura 15) que consiste de 1 parte en volumen de ácido fluorhídrico acuoso al 48% y 1 parte en volumen de alcohol etílico que contiene un transistor p-n-p de silicio fabricado de la manera anteriormente descrita en detalle y cuyos alambres de suministro son conducidos al exterior desde el

15           

20           

25           

30

240176



contacto emisor 81 y la superficie del transistor 82 adyacente al contacto emisor, el transistor y sus alambres de suministro están cubiertos con una capa protectora como se muestra en líneas punteadas en la figura 15. La tensión de bloqueo deseada, por ejemplo 15 volts. es mantenida como tensión de mordicación entre el contacto emisor 81 y el contacto colector 86, siendo positivo el contacto emisor 81 con respecto al contacto colector 86. La corriente de mordicación que se produce está formada de tres componentes; la tensión de mordicación útil, que desde el alambre de suministro 93 y el contacto emisor penetra en la zona emisora y la base, alcanza luego el baño de mordicación 92 a través de la superficie límite 82 del transistor adyacente al contacto emisor y luego circula a través del baño mordicante al contacto colector 86. Esta contribución es directamente proporcional a la superficie semi-conductora sometida al tratamiento mordicante. Además, circula una corriente, a través del baño de mordicación, directamente desde el contacto emisor 81 al contacto colector 86. Esta componente es considerable al conectarse la corriente, pero disminuye dentro de los diez segundos que son necesarios para proveer al alambre de aluminio con una película de óxido de aluminio de conductividad pobre, a un valor constante, que en este caso es aproximadamente 8 miliamperes. Finalmente circula una corriente a través del transistor desde el contacto emisor al contacto colector, pero el valor de esta componente (en este caso aproximadamente 0,1 uA) es despreciable con respecto a las otras componentes. La variación en la corriente total de mordicación durante el tratamiento de mordicación con una diferencia de potencial constante aplicada entre el contacto emisor y el contacto colector está determinada solamente por la geometría de la parte emisora del transistor cuando una capa de bloqueo electro-

240176



litica se ha formado entre el contacto emisor y el baño de mordición. La parte colectora (9 : 3) de la figura 1 es un ejemplo de un contacto de aleación de aluminio sobre silicio. El conjunto tiene la forma de un cono truncado o piramide, cuya capa delgada 5 3 sobre el lado superior plano y sobre el lado que constituye la zona semi-conductora recristalizada, estando ocupada la parte res tante 9 por el contacto conductor que consiste de aluminio y una cantidad de silicio. La figura 16 muestra la curva de mordicación para la mordicación de un tal contacto de aluminio del emisor a 10 una tensión constante, estando trazada la duración del tratamiento de mordicación horizontalmente en segundos y estando trazado el valor de la corriente de mordicación total en miliamperes verticalmente. Durante el intervalo de tiempo A la corriente de mordicación disminuye bastante rápidamente lo que es atribuible a la 15 formación de la película de óxido sobre el contacto de aluminio del emisor. Durante este intervalo de tiempo prosigue la mordicación de la zona emisora y la zona de base contigua. A medida que prosigue la mordicación, la forma de la curva de mordicación es determinada solamente por la componente de la corriente de mor- 20 dicación útil, dado que las otras componentes se han vuelto constantes. Al comienzo del intervalo de tiempo B, el tratamiento de mordicación ha avanzado a aproximadamente la cuarta parte del costado de la zona emisora. Durante este intervalo de tiempo B (10-100 segundos), la zona emisora y la capa de base son mordica- 25 das más allá de la porción plana de la zona emisora. La corriente de mordicación decrece lentamente como resultado de la reducción gradual de la superficie que es sometida a mordicación. Desde el momento en que la mordicación bajo la zona emisora comienza, la corriente de mordicación disminuye mucho más rápidamente 30 dado que la superficie que es sometida a mordicación se vuelve



más pequeña mas rápidamente. Debería notarse que, en esta relación, el espesor de la ramura ya mordicada permanece substancialmente constante. Al final del intervalo de tiempo C, el contacto emisor es completamente separado de la base por mordicación.

5           En base de lo procedentemente expuesto, resultará evidente que el tratamiento de mordicación es terminado preferentemente al comienzo del intervalo de tiempo C, durante el cual la corriente de mordicación disminuye considerablemente por segunda vez.

10           Debería notarse que, aunque los valores exactos dados en la curva de mordicación de la figura 16, son válidos solamente para el caso antes descrito, se encuentra la misma forma de curva de mordicacion en el caso más general en que un transistor, una parte considerable de cuya zona emisora es plana, es mordicado, en un agente de mordicación que forma unacapa de  
15           bloqueo con el material del contacto emisor. La misma característica puede ser utilizada para determinar el momento en que el tratamiento de mordicación es preferentemente terminado.

20           También debe señalarse que esta indicación no esta limitada al caso en que la tensión de mordicación es aplicada entre el contacto emisor y el contacto, sino que es aplicable también en un caso más general, por ejemplo si en lugar del contacto colector 86 es usado como catodo un electrodo de platino, y el contacto emisor es usado como anodo.

25           El funcionamiento del dispositivo sensible a la radiación de acuerdo con la invención será explicado a continuación con referencia al diagrama esquemático de la figura 17. Entre un contacto colector 100 y un contacto de base 101 de un transistor 102 de acuerdo a la invención, que se supone es del tipo p-n-p, es aplicada una diferencia de potencial tal en la dirección inversa, que  
30

240176

17 FEB



5 en la ausencia de radiación la capa de agotamiento del colector alcanza la parte no conductora 103 (por ejemplo en la posición punteada) y el paso de corriente desde el contacto emisor 104 al contacto de base 101 está bloqueado. Una diferencia de potencial en la dirección de paso es mantenida entre el contacto emisor 104 y el contacto de base 101. Cargas 105, 106 y 107 son mostradas en el circuito colector, el circuito emisor y el circuito de base, respectivamente. El transistor está en la condición bloqueada y substancialmente no hay circulación de corriente del emisor, corriente de colector y corriente de base.

10 La radiación que proviene de una fuente de radiación 108 es hecha incidir sobre el lado emisor del transistor sobre el cual está provista la parte no conductora. La radiación tiene el efecto de excitar portadores de carga libre adicionales en la base, resultando en un aumento de la corriente de colector  $I_c$ . Este aumento de  $I_c$  produce un aumento de la caída de tensión sobre la carga 105, de modo que la diferencia de potencial sobre la capa de agotamiento del colector disminuye. Esto produce una disminución en la expansión de la capa de agotamiento y por lo tanto una

15 disminución en la resistencia interna de la base del transistor. Dado que la caída de tensión sobre la resistencia interna de base también disminuye, la diferencia de potencial sobre la juntura emisora aumenta, de modo que la corriente emisora puede aumentar inicialmente. El aumento en la corriente emisora produce un aumento en la corriente de colector y esto a su vez produce un aumento de

20 la caída de tensión sobre la carga 106, que lleva a una disminución en la resistencia interna de la base, etc. Este mecanismo llega finalmente a una condición de equilibrio en la cual el bloqueo del transistor puede ser completamente suprimido y en que pueden

25 producirse corrientes considerablemente mayores que en la condi-

30

240 176



ción bloqueada.

5 Cuando la fuente de radiación 108 es eliminada, desaparece la contribución de los portadores de carga excitados a la corriente del colector. Así disminuye la caída de tensión sobre la carga 105 y la expansión de la capa de agotamiento aumenta, etc. El mecanismo antes descrito es ahora repetido en el orden inverso hasta que es alcanzada la condición de bloqueo inicial.

10 Además de su uso como detector, el dispositivo sensible a la radiación de acuerdo con la invención es adecuado más particularmente como un disyuntor sensible a la radiación. El circuito colector o el circuito emisor o ambos circuitos y, si fuera deseable, también el circuito de base, en este caso incluye uno o una pluralidad de relevadores que no pueden ser excitados por las bajas corrientes que se producen en la condición bloqueada y que pueden ser excitados por las corrientes comparativamente altas que se producen en la condición desbloqueada.

15 El mecanismo antes descrito es influenciado grandemente en un sentido favorable si el circuito colector incluye un resistor óhmico elevado de carga 105, por ejemplo 10 kOhm, y el resistor de carga 107 en el circuito de base tiene un valor bajo.

20 La resistencia diferencial negativa obtenida en las curvas características mostradas en las figuras 2 y 7 puede ser usada para toda clase de fines conocidos, tales como para reducir el amortiguamiento de un conductor eléctrico, para producir oscilaciones, por ejemplo senoidales de ondas diente de sierra o pulsantes para realizar circuitos de gatillo de dos posiciones o monoes-  
25 tables, para combinar un amplificador y un circuito de gatillo, etc. También es posible mediante una elección adecuada de la tensión del colector hacer que el transistor amplifique o, cuando  
30 la tensión de bloqueo  $V_K$  es sobrepasada, sea bloqueado de una



manera tal que el contacto de base tambien es desacoplado.

Esta resistencia diferencial es estable para corto-circuito, es decir que se produce una auto-oscilación si la resistencia incluida entre el contacto colector y el contacto de base  
5 excede un valor fijado. Esto naturalmente no significa que el transistor puede ser usado solamente en una conexión de base común. En la conexión emisora común tambien es posible medir tales efectos de resistencia negativa sobre el contacto colector y el contacto de base respectivamente.

Ademas del uso directo de la resistencia diferencial negativa apropiada incluyendo una impedancia bipolar en un circuito  
10 entre los contactos del transistor, es tambien posible incluir un cuádrupolo de realimentación entre los contactos del transistor y así obtener efectos adicionales especiales. La figura 18 muestra un circuito oscilador que utiliza la propiedad que la  
15 tensión  $V_k$ , una magnitud determinada para un cierto transistor es sustancialmente independiente de, por ejemplo la tensión de alimentación y la temperatura.

El circuito colector del transistor 110 incluye un transformador de realimentación 111, cuyo secundario está conectado  
20 en serie con un capacitor 112, entre un contacto de base 113 y un contacto emisor 114. La tensión de paso requerida para la base es producida por medio de un potenciómetro 115-116. Otro capacitor 117 puede ser conectado, si fuera necesario, entre el  
25 contacto de base 113 y el contacto emisor 114 a fin de asegurar la adaptación de impedancias adecuada para el circuito de base,

Debido a la realimentación a través del transformador 111, el circuito es auto-oscilante, siendo determinada la frecuencia de la oscilación producida por la sintonización del circuito que  
30 comprende el devanado secundario del transformador 11 y los ca-

240176



pacitores 112 y 117. La amplitud de esta oscilación es limitada debido a la tensión colector-emisor  $V_{ec}$  que disminuye a un valor tal que el transistor substancialmente no amplifica más y también debido a que esta tensión  $V_{ec}$  se aproxima tanto a la tensión de bloqueo  $V_k$  que la resistencia de entrada de la base aumentada resultante, como consecuencia del bloqueo del paso de corriente entre el contacto de base y la zona activa de base, produce un amortiguamiento del circuito resonante 111-112-117 tal que la oscilación no aumenta. La expresión "zona activa de base" debe entenderse como significando la parte de la base ubicada en sentido eléctrico entre el emisor y la capa de agotamiento del colector. Se obtiene así un oscilador que tiene una amplitud de tensión sustancialmente constante.

La figura 19 muestra un ejemplo de un circuito en que se utiliza el hecho, que si la tensión de colector sobrepasa el valor  $V_k$  la zona activa de base está a un potencial flotante.

Los transistores 120, 121, 122, 123 en este caso son usados como elementos de memoria en un dispositivo para el almacenamiento de información codificada. Los contactos emisores 124, 125, 126 y 127 de los transistores, que se suponen son del tipo p-n-p, están conectados a través de resistores 128, 129 130, 131 a masa, siendo alimentados sus contactos colectores 132, 133, 134, 135 por impulsos de control negativos  $K_1$  y  $K_2$ , respectivamente, que se producen en momentos diferentes y que tienen ya sea potencial de masa o un potencial positivo bajo con respecto a masa durante intervalos entre los impulsos. Los generadores para producir estos impulsos tienen una impedancia interna sustancialmente despreciable. La amplitud de los impulsos producidos es mayor que la tensión de bloqueo  $V_k$  de los transistores. Los contactos emisores 124, 125 y 126 están conectados

240176



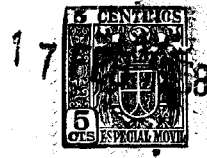
a través de conexiones 136, 137, 138 que son conductores en ambas direcciones, a los contactos de base 139, 140 y 141 del transistor siguiente. El dispositivo funciona como sigue: suponiendo que un contenido de carga libre es producido en la zona de base del transistor 120, por ejemplo haciendo el contacto de base 142 temporariamente negativo con respecto al contacto emisor 124, circula una corriente desde el emisor al colector en el momento en que se produce el impulso  $K_1$ . Esta corriente, produce sobre el resistor 128 una caída de tensión que produce un impulso de corriente a través de la conexión 136 sobre el contacto de base y la base 139 del transistor 121. Dado que el contacto colector 133 del transistor 122 entonces tiene potencial de masa (el impulso  $K_2$  se produce en momentos diferentes que el impulso  $K_1$ ), este impulso de corriente de base circula no solamente a través del emisor 125, sino en parte importante, si no la mayor parte, a través del colector 133, del transistor 121.

Dicho impulso de corriente produce un gran número de portadores de carga libre en la forma de pares de lagunas de electrones en la base del transistor 121.

Después que el impulso  $K_1$  ha sido finalizado, el impulso de corriente a través de la base del transistor 121 también termina. Un contenido de carga libre de la zona de base sin embargo es mantenido durante el tiempo de recombinación de los pares de lagunas electrónicas.

En el momento en que se produce el impulso  $K_2$  por medio del cual el contacto colector 133 del transistor 121 es hecho negativo este contenido de carga libre en la base de este transistor permite el pasaje de corriente desde el emisor al colector, lo que produce una caída de tensión sobre el resistor 129 que es sustancialmente igual al impulso  $K_2$ , de modo que un

240176



impulso de corriente correspondiente atraviesa a través de la conexión 137 la base del transistor 122. Dado que los impulsos  $K_1$  y  $K_2$  respectivamente, tiene una amplitud mayor que la tensión  $V_k$ , para la cual el contacto de base ya no está en conexión conductora con la parte activa de la zona de base, una tensión de paso actúa a través de la juntura entre el emisor y la base, de modo que el emisor nuevamente introduce lagunas en la zona de base. Así, durante la ocurrencia de los impulsos, cargas libres de la zona activa de base descargadas en el colector son nuevamente suministradas por el emisor.

El primer contenido de cargas libres presente en la zona de base del transistor 120 después de la ocurrencia del impulso  $K_1$  ha producido así un contenido de carga libre en la zona de base del transistor 121 y éste, a su vez, después de la ocurrencia del impulso  $K_2$ , ha producido un contenido de carga libre en la zona de base del transistor 122. Después de la ocurrencia del impulso  $K_1$ , que también es suministrado al colector del transistor 122, un contenido de carga libre es así producido en la zona de base de un transistor siguiente etc. Este contenido de carga libre de las zonas de base que cumple la función de una característica de memoria positiva, es así pasado después de cada impulso al transistor siguiente. Si uno o más de los transistores no tienen contenido de carga libre en las zonas de base, no es suministrado un impulso de corriente a la base del transistor siguiente de modo que un rasgo de memoria negativo es pasado al transistor siguiente.

El dispositivo es así adecuado como un registro de pasos. Cuando un contenido de carga libre o no, es impreso sucesivamente en la base del transistor 120 de acuerdo con un código determinado, esta información pasa a elementos siguientes de me-



5 memoria por la acción de los impulsos. Si fuera deseable, también es posible que un contenido de carga libre sea impreso simultáneamente de acuerdo con un código determinado, por ejemplo, sobre los contactos de base de una pluralidad de transistores, por ejemplo, suministrando un impulso negativo a cada uno de los contactos de base adecuados, después de lo cual la información registrada en el registro pasa a otro elemento de memoria después de la ocurrencia de cada impulso.

10 En la descripción precedente se ha supuesto que el contenido de carga libre de cada transistor ya ha desaparecido dentro del intervalo de tiempo entre dos impulsos suministrados a un transistor. Esto significaría que este intervalo de tiempo debería ser aproximadamente igual a dicho tiempo de recombinación. Sin embargo frecuentemente es deseable que este contenido de carga libre sea suprimido antes. Para este fin, el impulso 15 K de la figura 20 puede ser seguido por impulsos de borrado U de una amplitud menor que  $V_k$  de modo que el contenido de carga libre restante es rápidamente disipado. Como alternativa, estos impulsos pueden ser de forma trapezoidal (vease figura 21) 20 o de forma diente de sierra que tienen un flanco frontal empinado, (vease figura 22).

25 Esto produce un considerable ahorro de elementos de conmutación, dado que pueden ser suprimidos rectificadores de bloqueo para mantener la base a un potencial flotante tal como son necesarios en una disposición que comprende transistores convencionales. Será evidente también que pueden realizarse otras variantes, por ejemplo, la combinación de estos transistores con núcleos magnéticos que cumplen la función de elementos de memoria o con rectificadores.

30 Resultará evidente que la invención no está limitada a

240176



transistores que tienen solamente dos contactos rectificadores y un contacto óhmico, sino que también se refiere a conjuntos de capas de bloqueo que tienen más contactos, que tienen una configuración similar al transistor precedentemente descrito.

5           Esta solicitud que corresponde a la presentada en Holanda el 24 de agosto de 1956, bajo el número 210.117 se acoge a los beneficios del artículo 51 del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.

N O T A

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

15           1ª.- Un método de fabricar un transistor caracterizado porque la parte no conductora está constituida por un corte que, después que por lo menos la zona emisora y el contacto emisor han sido provistos sobre la base, es obtenido sometido al conjunto a un tratamiento de mordicación electrolítica con el uso de un agente mordicador que forma una transición óhmica baja con el material de la zona emisora y una transición ohmica alta con el material de la zona de base, siendo usado el contacto emisor como electrodo y siendo removida por mordicación parte de la zona emisora y una capa contigua de la base.

20           2ª.- Método de acuerdo con la reivindicación 1, para fabricar un transistor, cuya zona emisora consiste de silicio de tipo p, con la particularidad de que el agente mordicante usado es una solución acuosa fluorhídrica, mientras que una tensión positiva con respecto al baño mordicante es aplicada al contac-

240176



to emisor.

32.- Método de acuerdo con la reivindicación 2, con la particularidad de que el baño de mordicación contiene un alcohol.

5 42.- Método de acuerdo con la reivindicación 2 y/o 3, con la particularidad de que el baño de mordicación contiene un alcohol etílico.

10 52.- Método de acuerdo con una o más de las reivindicaciones 2 a 4, con la particularidad de que el baño de mordicación contiene una parte en volumen de solución fluorhídrica al 48% y una parte en volumen de alcohol etílico.

15 62.- Método de acuerdo con la reivindicación 1, para fabricar un transistor cuya zona emisora consiste de germanio de tipo p, con la particularidad de que el agente mordicante usado es una solución acuosa de hidróxido de potasio, siendo aplicada al contacto emisor una tensión positiva con respecto al baño de mordicación.

20 72.- Metodo de acuerdo con una o más de las reivindicaciones 1 a 6, para fabricar un transistor con la particularidad de que, durante el tratamiento de mordicación electrolítico, también es mantenida una diferencia de potencial en la dirección inversa entre el contacto colector y el contacto de base, siendo continuado el tratamiento de mordicación hasta que el corte ha alcanzado la capa de agotamiento del colector.

25 82.- Método de acuerdo con una o más de las reivindicaciones 1 a 6, para fabricar un transistor con la particularidad de que, durante el tratamiento de mordicación electrolítica, también es mantenida una diferencia de potencial entre el contacto emisor y el contacto colector, que polariza a la juntura colector en la dirección inversa, siendo continuado el tratamiento de mordicación hasta que el corte ha alcanzado la capa de agota-

30

240176



miento del colector.

9º.- Método de acuerdo con una o más de las reivindicaciones 1 a 6, para fabricar un transistor con la particularidad de que la tensión de mordicación es aplicada entre el contacto colector y el contacto emisor y el tratamiento de mordicación es continuado hasta que el corte ha alcanzado la capa de agotamiento del colector.

10º.- Método de acuerdo con una o más de las reivindicaciones 7 a 9, para fabricar un transistor con la particularidad de que, durante el tratamiento de mordicación electrolítica, una diferencia de potencial es mantenida entre el contacto de base y el contacto emisor y que se prueba la corriente sobre el contacto de base.

11º.- Método de acuerdo con la reivindicación 10, con la particularidad de que el tratamiento de mordicación electrolítica es terminado cuando la corriente que atraviesa el contacto de base, después de una disminución gradual ha asumido un valor constante.

12º.- Método de acuerdo con una o más de las reivindicaciones 1 a 11, para fabricar un transistor con la particularidad de que una capa de bloqueo electrolítica se forma entre el contacto emisor y el agente mordicante, siendo probada la corriente de mordicación total durante el tratamiento de mordicación.

13º.- Método de acuerdo con la reivindicación 12, para fabricar un transistor una parte de cuya zona emisora opuesta al colector es plana, con la particularidad de que el tratamiento de mordicación electrolítica es terminado al comienzo del intervalo de tiempo en que la corriente de mordicación disminuye considerablemente por segunda vez durante el tratamiento de mordicación.

240176

17 FEB



14.- Método de acuerdo con la reivindicación 13, con la particularidad de que un transistor, cuya parte semi-conductora consiste de silicio y cuya zona emisora y el contacto emisor, por lo menos, son obtenidas aleando al mismo una cantidad de aluminio, es mordicado electrolíticamente en una solución acuosa que contiene ácido fluorhídrico.

15.- Un método de fabricar un transistor.

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

Esta Memoria consta de cuarenta hojas escritas a máquina por una sola cara.

Madrid, 17 FEB. 1958

P.A.

Alfonso de Elizaburu  
Por Poder

240176

21

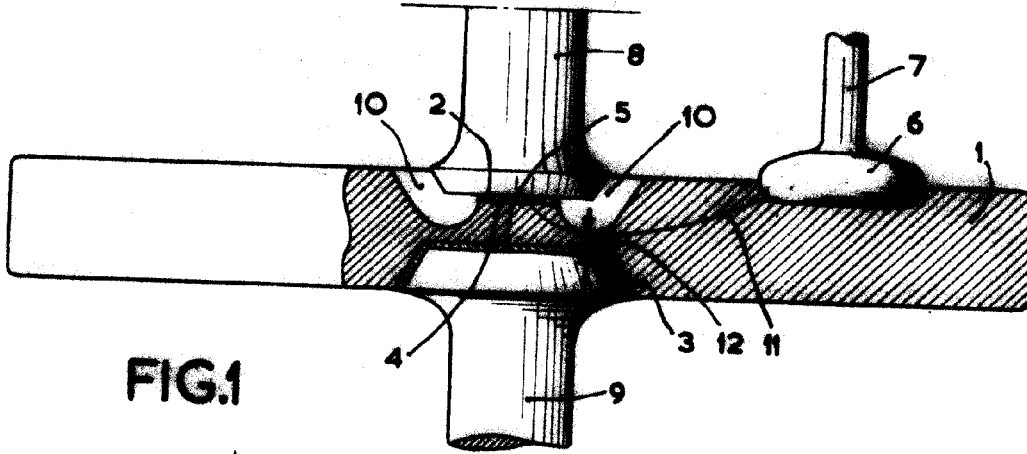


FIG. 1

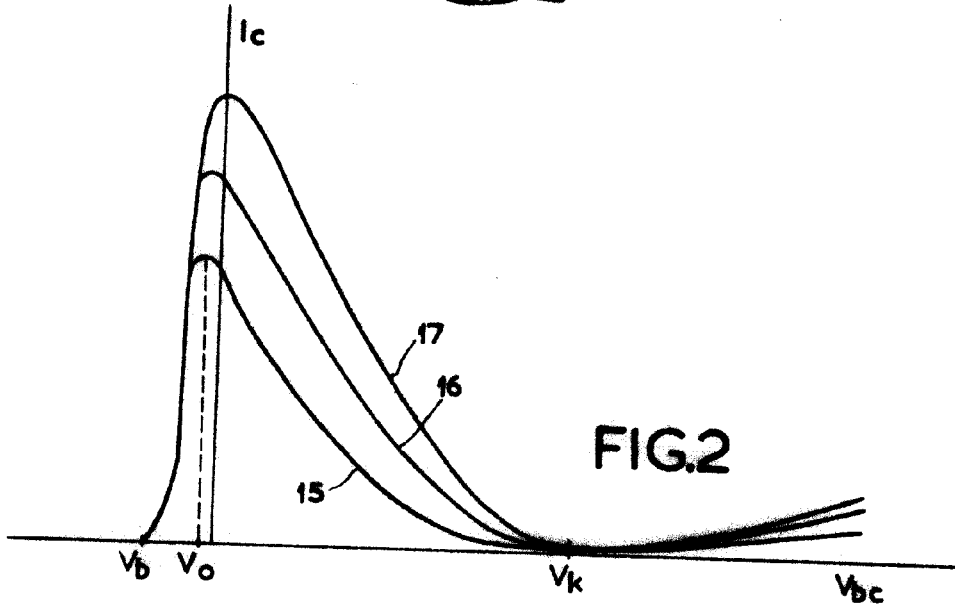


FIG. 2

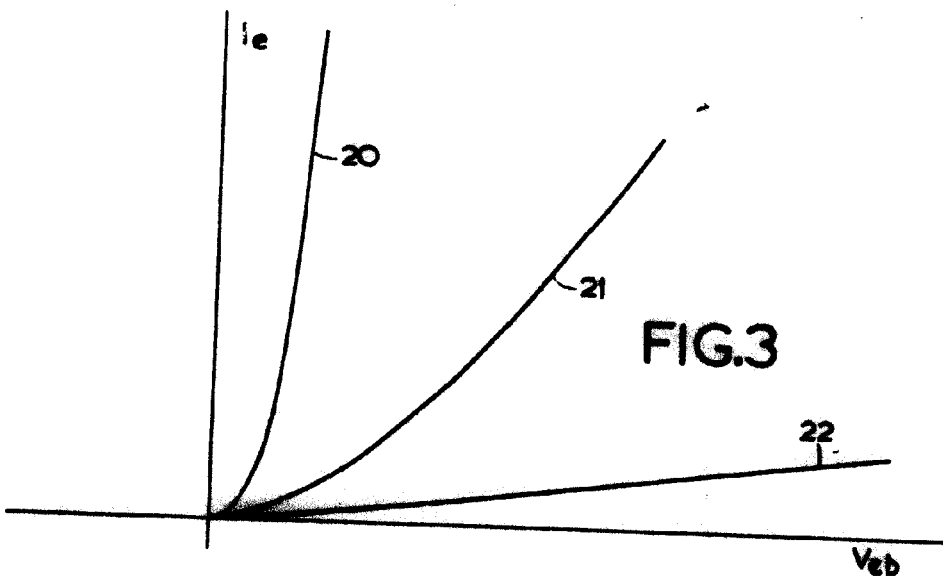
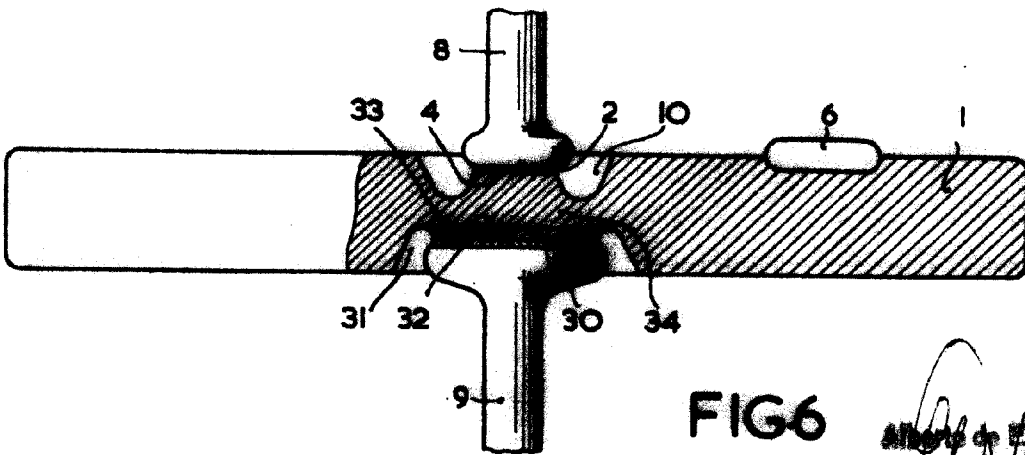
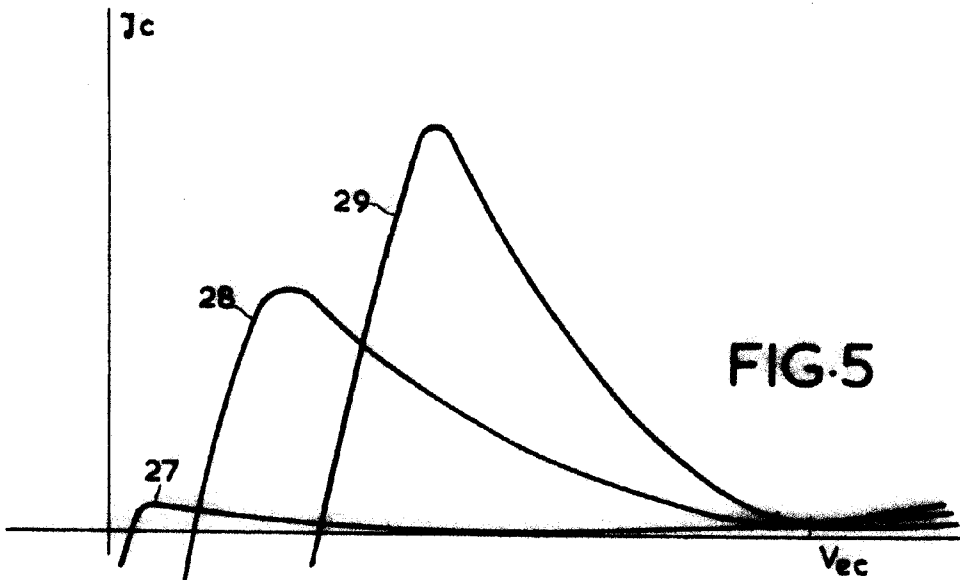
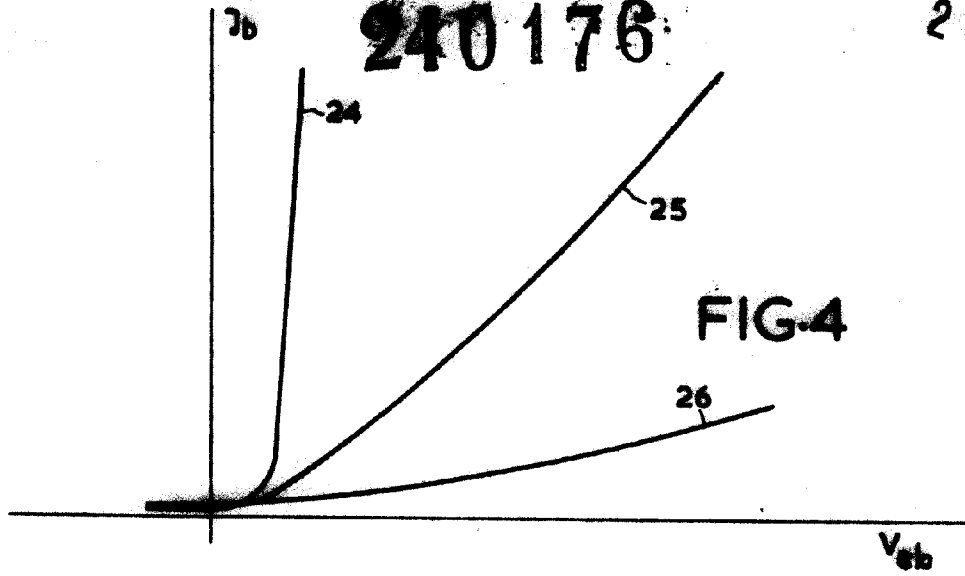


FIG. 3

Alberto de Euzkuri  
*Alberto de Euzkuri*

240 176

21



Alfredo de Elizaburu  
Puerto Rico

240176

III / VI

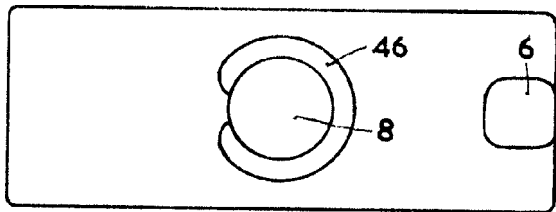
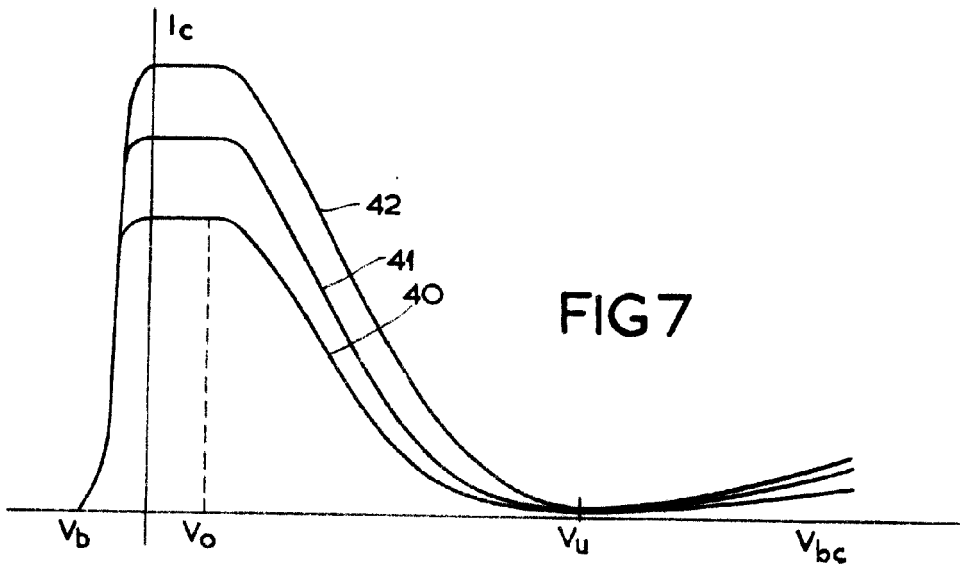


FIG. 8

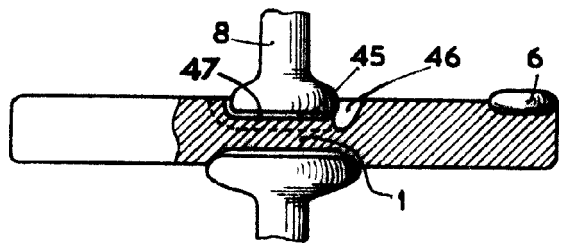


FIG. 9

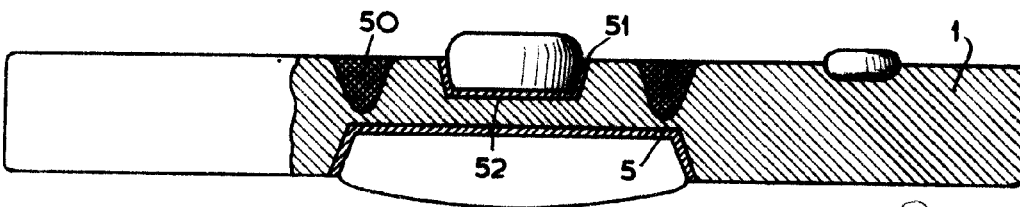


FIG. 10

*Handwritten signature*

240176

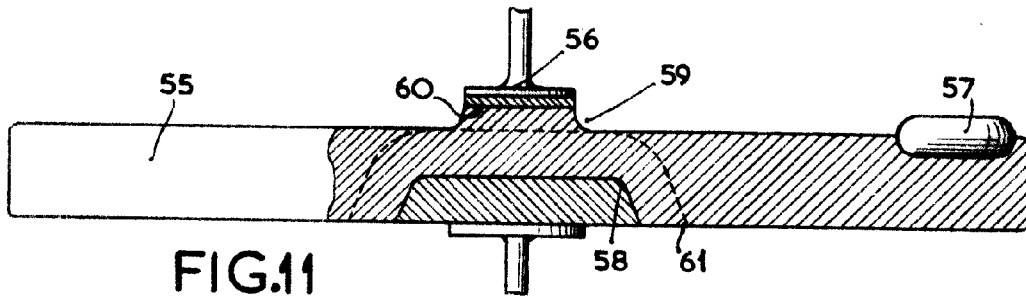


FIG. 11

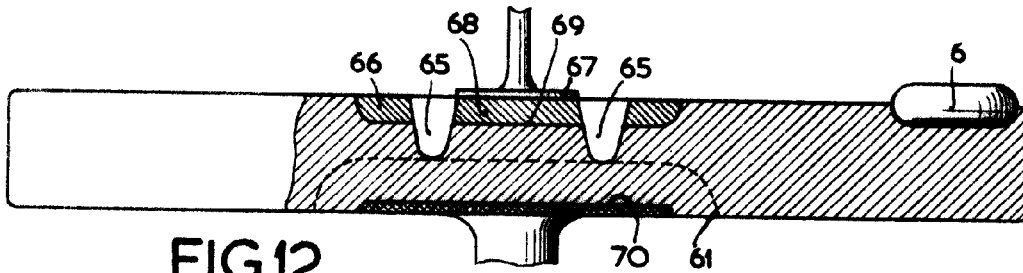


FIG. 12

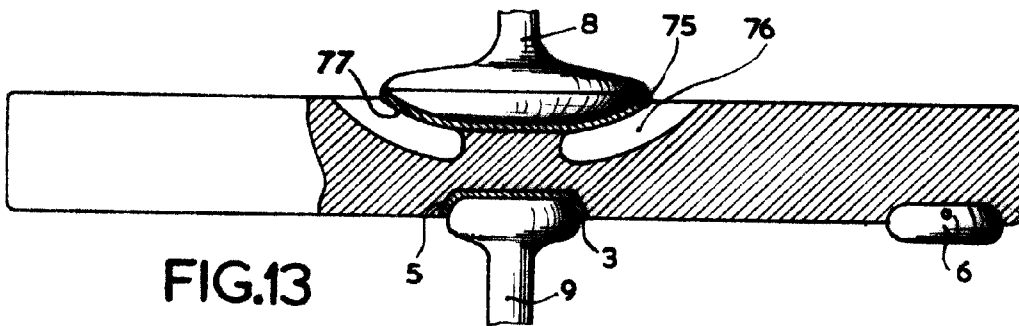


FIG. 13

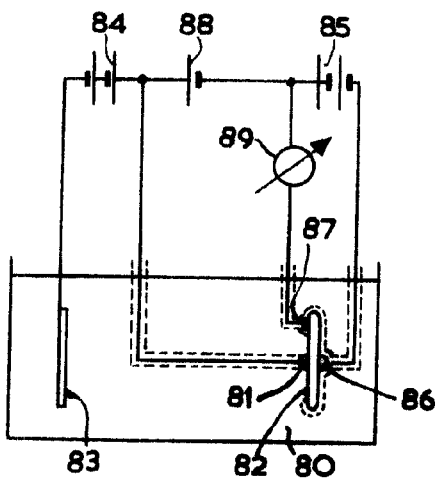


FIG. 14

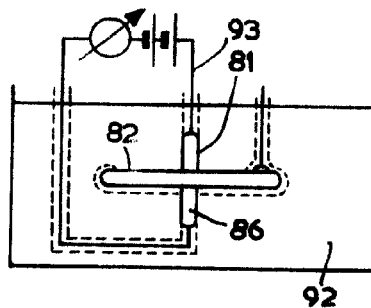


FIG. 15

*Edgala*

240 178

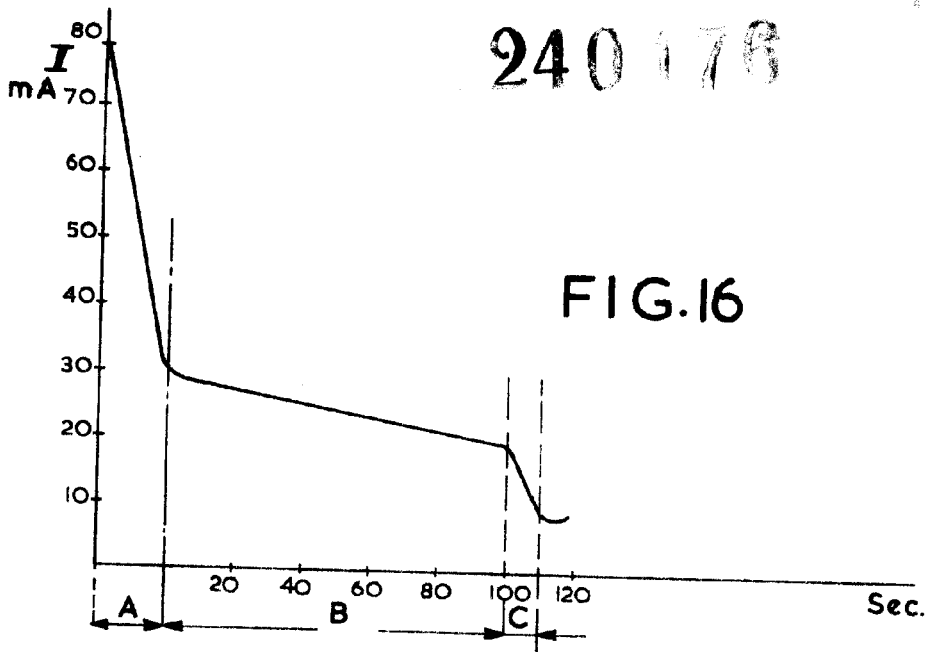


FIG. 16

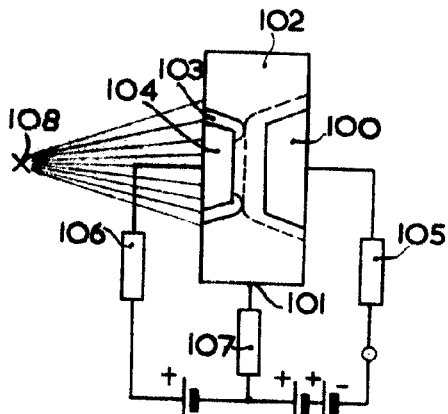


FIG. 17

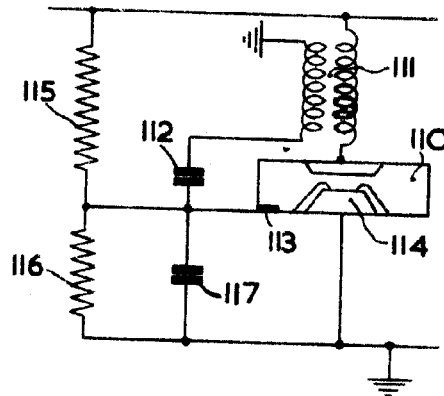


FIG. 18

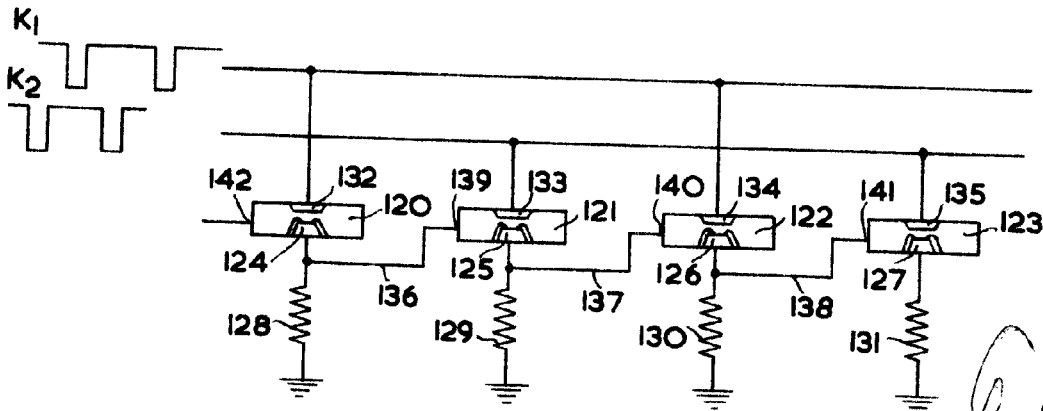


FIG 19

*Carls*

21 FEB



240 178

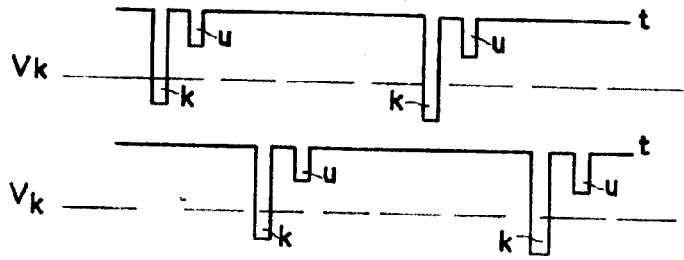


FIG.20

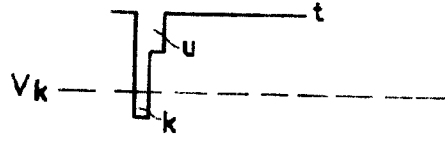


FIG.21

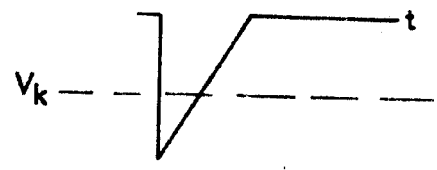


FIG.22

*Carla*