

mc/

Caso I.M. Ross 4.

229516



229516

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

a favor de

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

por:

" Aparato repetidor de impulsos, con cuerpo semiconductor "

====:oOo:=====

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

Este invento se refiere a repetidores o traslato-
res de impulsos, y más concretamente a aparatos semicon-
ductores que transfieren la actividad de un electrodo a



2 1956

- 2 -

229510

otro en respuesta a la aplicación de impulsos adecuados de energía.

5 Un objeto general de este invento es perfeccionar la estructura y la característica de productividad de los aparatos semiconductores con electrodos múltiples.

10 Objetos más específicos del invento con permitir la realización de funciones de conmutación o de escalonamiento en un solo aparato semiconductor, a fin de transferir la actividad de un electrodo a otro en sucesión prefijada, simplificar el equipo necesario para el funcionamiento sucesivo de electrodos y circuitos asociados, y efectuar escalonamientos o conmutaciones a grandes velocidades.

15 De conformidad con los citados objetos, una forma de ejecución del invento consiste en un aparato semiconductor que proporciona superficies de conducción entre una conexión común y cada conexión de una serie de ellas dotadas respectivamente de una región preferida de conducción adyacente a la superficie de la conexión más próxima de la serie. La conducción desde una conexión de la serie a la
20 conexión común puede escalonarse o desviarse selectivamente a una superficie comprendida entre la conexión inmediata de la red y la conexión común aplicando un impulso apropiado, y la superficie de conducción desvía una conexión
25 por cada impulso o cada segundo impulso.

30 Al poner en práctica el invento se establece a lo largo de la superficie una gradación en los potenciales a través de una región rectificadora de barrera en un cuerpo semiconductor, con lo que una porción de la superficie está a mayor potencial que otras. Cuando este potencial polariza la región en su dirección conductiva de avance, la co-



20

- 3 -

229516

riente tiende a concentrarse en la porción a través de la cual se desarrolla el potencial más alto.

5

Otra forma del invento consiste en un aparato de conmutación o escalonamiento que comprende varias secciones, cada una de las cuales consta de una estructura conmutatriz con una característica bistable que opone una gran impedancia en estado inactivo y una impedancia baja en estado activo, y que en ambas situaciones presenta estabilidad cuando se somete a una amplia escala de tensiones comprendidas entre las tensiones de régimen. Una solución utilizada para realizar esta forma es la modulación en conductividad de material semiconductor colocado entre un generador de portacargas minoritarios para el material y un electrodo filtrante para los mismos. Las secciones pueden ser también de un tipo que multiplique la corriente al someterlas a potenciales y condiciones de régimen adecuados.

10

15

20

De acuerdo con otra forma de este invento, la región predilecta de conducción se establece en una sola porción de cada conexión de la serie situando esta porción más cerca de la conexión común al cuerpo que las otras.

25

30

Conforme a otra variante de este invento, se sitúa una región preferida de conducción, cerca del punto en que se conecta un conductor externo a cada sección de la serie, de modo que parte de esa conexión oponga resistencia substancial al paso de corriente a lo largo de ella. Una conexión apropiada para ello puede ser muy bien de material semiconductor, en forma de una zona de tipo de conductividad opuesto a la del cuerpo a que se asocia, formando un empalme rectificador con ese cuerpo. El grado de polarización desarrollado a lo largo de la zona depende enton-

20 JUL



5

ces de su resistencia por unidad de longitud en las regiones separadas de una resistencia pequeña o contacto metálico con ella, de la distancia hasta ese contacto y de las corrientes que circulan por la zona. En variantes que utilizan esta forma con fines de escalonamiento, el conductor se une convenientemente a la región en un punto contiguo a un segmento de la siguiente conexión del equipo.

10

De conformidad con otra forma de realización de este invento, cada conexión puede disponerse en un circuito que cesa de conducir al iniciarse la conducción en la conexión siguiente de la red.

15

Este invento, con los objetos, características y formas que se mencionan, se comprenderá mejor por la siguiente descripción detallada, con referencia a los dibujos adjuntos, en los cuales indican:

La figura 1, una representación esquemática de una forma de aparato semiconductor de escalonamiento comprendido en este invento.

20

La figura 2, la característica de tensión-corriente entre las dos regiones del aparato de la figura 1 unidas por líneas de flujo.

La figura 3, otra forma de aparato de escalonamiento conforme al invento.

25

La figura 4, otra variante del aparato de escalonamiento en combinación con un acoplamiento de transformador para efectuar el escalonamiento.

La figura 5, otra forma de aparato de escalonamiento impulsado por un amplificador en contrafase (push-pull).

30

La figura 6, una perspectiva de configuración anular de superficies conductoras, que permiten reajustar el aparato adelantando el computo a la superficie inicial.



20 JUN

- 5 -

229516

La figura 7, otra configuración anular.

Las figuras 8 y 9, aparatos de escalonamiento y circuitos conforme a este invento, para escalonar en ambas direcciones, a fin de sumar y restar.

5 Las figuras 10, 12, 13 y 14, aparatos de escalonamiento conforme a este invento, con características de colector de gancho para funcionamiento biestable; en la figura 13, dispuesto además para escalonamiento reversible; y

10 La figura 11, una gráfica que representa una característica típica de un regulador o un conmutador de circuito que selecciona un grado en los colectores de gancho de las figuras 10, 12, 13 y 14.

15 En los dibujos, las cifras de referencia representan elementos análogos en las respectivas formas de realización.

20 Cada una de las figura 1 a 8 expone un aparato semiconductor de escalonamiento en el que cada escalón o grado se selecciona conmutando secciones del aparato desde una gran impedancia o baja corriente a un funcionamiento de escasa impedancia o intensa corriente, mediante modulación conductiva de una parte del material asociada a la fase de actividad.

25 Según se expone, por ejemplo, en la figura 1, el aparato comprende un cuerpo semiconductor -11- de material como germanio, silicio, combinaciones de ambos o compuestos intermetálicos de los elementos de los grupos III y V, que en el ejemplo ilustrado es de tipo n, aún cuando invirtiendo adecuada las polaridades aplicadas al aparato
30 puede ser igualmente de tipo p. Al poner en funcionamiento estos aparatos, es necesario desarrollar un campo a lo



229516

✓ 20 JUN

ancho del cuerpo. A fin de reducir la disipación de potencia en el cuerpo a causa de la producción de este campo, el cuerpo debe ser delgado. Un material de gran resistividad, por ejemplo, intrínsecamente semiconductor a temperatura ordinaria, facilita la realización de campos elevados y escasa disipación de potencia. En particular se obtienen resultados ventajosos cuando zonas de contacto muy conductoras se convierten en material intrínseco; por ejemplo, se consiguen características de actividad intrínseca de alcance, que se traducen en resistividades efectivas más altas, disipación menor de potencia, y funcionamiento más eficaz, en una estructura intrínseca de cuerpo o masa que presente una zona terminal de gran conductividad de tipo n como borne positivo. El cuerpo se prefiere de forma monocristalina, y puede obtenerse muy bien de grandes masas semiconductoras cortando con una serra de diamante y puliendo y mordentando las superficies, o bien cortando el cuerpo mediante las técnicas de corrosión electrolítica conocidas. En cualquiera de estas formas, el cuerpo puede muy bien tener un espesor de 0,25 mm. o menos, normal al plano del papel, según se expone en los dibujos.

A los bordes opuestos del cuerpo semiconductor se aplican un par de contactos -12- y -13- alargados, de escasa resistencia, substancialmente no rectificadores. Estos contactos pueden revestir forma de tiras a lo largo de los bordes del cuerpo, junto a las regiones en que se producen escalonamientos. Pueden estar constituidas por fajas de aleaciones tales como la de plomo-arsénico, cuando se trata de germanio de tipo n, dispuestas en cada borde, aplicadas por galvanostegia, o soldando contactos directamente al cuerpo o a regiones de escasa resistividad, muy impurificadas;



229516

las regiones de tipo n que lindan con la intermedia y contigua de tipo n constituyen la porción principal del cuerpo.

5 Una serie alineada de conexiones asimétricas en forma de empalmes rectificadores, entre la porción mayor -11- del cuerpo y las zonas rectangulares de tipo p -14-, -15-, -16- y -17-, de extensión limitada, se dispone en la superficie del cuerpo de tipo n. Estos rectángulos tienen la dimensión mayor paralela a los bordes del cuerpo en donde
10 van montados contactos -12- y -13-. Así, las dimensiones mayores de las zonas son normales a los trayectos desde las zonas a los contactos del cuerpo. Por razones que se apreciarán más adelante, las zonas deben disponerse y construirse de manera que se hallen a una distancia del
15 contacto de polo negativo -13- tal que una gran proporción de los portadores minoritarios inyectados desde las zonas lleguen a ese contacto. Deben tener una resistividad y una superficie de sección transversal en la dirección normal al plano del papel, apropiadas para que la resistencia
20 en su sentido de mayor longitud de extremo a extremo, con corrientes razonables, de un miliampere o mayores, provoque una caída de potencial algo mayor que $\frac{km}{q}$, alrededor de 0,025 volts en germanio a la temperatura ambiente, y hay que colocarlas muy próximas por sus extremos. Esta
25 caída de potencial hace que los empalmes rectificadores entre las zonas y el cuerpo queden polarizadas más positivamente debajo mismo del contacto de superficie limitada con la zona que en puntos distanciados de éste. Así, con corrientes intensas, la mayor parte de la corriente de portadores en minoría emitida desde los empalmes de las inter-
30 ficias de zona-cuerpo en el cuerpo se concentra bajo el



20 56

- 8 -

229510
contacto, y las porciones más alejadas del mismo emiten una cantidad inversamente proporcional a la distancia respectiva.

5 Para ajustar la forma y el espesor de las zonas -14-, -15-, -16- y -17- de las secciones graduales o escalonadas comprendidas entre los bornes -18- y la conexión -13-, se requieren procedimientos especiales. Uno de ellos consiste en aplicar cintas de indio de 1,25 mm. de longitud, 0,25 mm. de anchura y 0,25 mm. de espesor, aproximadamente,

10 por encima de las superficies de una chapa de germanio de tipo n, con resistividad de 20 ohm/cm. y 0,127 a 0,25 mm. de espesor, en las que interese formar las regiones p. Calentando la chapa y las cintas a 500°C durante cinco a quince minutos en una atmósfera no oxidante para formar gases,

15 y enfriando a la temperatura ambiente en treinta segundos, se alea el indio con la chapa de tipo n. La región de germanio recristalizado de tipo p formada en el cuerpo semiconductor inmediatamente debajo del indio se revela atacando el indio de la cara de la chapa con ácido clorhídrico. Las

20 pintas de indio pueden luego fundirse sobre las zonas de tipo p para formar contactos de superficie limitada y escasa resistencia con la misma. Se obtienen contactos óhmicos en el cuerpo aplicándole una aleación eutéctica de plomo-estaño a temperatura superior a 350°C; a los puntos de indio y los

25 contactos del cuerpo pueden soldarse conductores de níquel. Las zonas de tipo p producidas de este modo tienen una resistencia de 500 ohms en toda su longitud de 1,25 mm. de modo que con corriente de emisión de 4 miliamperes, 90% de la emisión se produce a menos de 0,25 mm. del contacto óhmico. Es

30 posible concentrar una proporción adecuada de corriente inyectada desde la zona del emisor, tal como la zona -14-, en



20 JUL

222516

una porción prefijada de tal zona, si ésta se construye de modo que satisfaga los convenientes parámetros en la ecuación

$$I/I_T = \frac{x/y}{1 + x/y}$$

5

donde I_T designa la corriente total inyectada desde el emisor, en amperes; I , la corriente en amperes inyectada desde el emisor, en una región que se extiende desde el contacto óhmico de la zona del emisor hasta un punto x situado a lo largo de la misma; x , la distancia desde el contacto óhmico de la zona del emisor, en cm., ρ , la resistencia, por unidades de longitud del material de la zona del emisor, en ohms por cm., y finalmente, $y = \frac{2kT}{q} / \rho I_T = \frac{I}{20} / \rho I_T$.

10

15

Otra técnica para formar estas capas p consiste en evaporar aluminio a través de plantillas colocadas sobre la superficie de la chapa de tipo n , aleando el aluminio con ella o difundiéndolo en su interior hasta cierta profundidad mediante un ciclo regulado de temperatura, y atacando con mordientes para quitar el aluminio remanente en la superficie fuera de las regiones de la conexión.

20

25

Otra técnica para formar las regiones de escalonamiento de tipo p consiste en depositar en toda la superficie de un cuerpo de tipo n una capa p de un espesor algo mayor del requerido en el aparato terminado, y quitar luego el material p sobrante cubriendo las regiones que han de subsistir y atacando o eliminando de otro modo las porciones que quedan descubiertas. Es posible formar superficies p de este género en el proceso original de producción del cuerpo semiconductor, mediante difusión, o por aleación y reproducción.

30



20

= 10 =

229516

Cada electrodo gradual o región de tipo p vá provisto de una conexión eléctrica -18-, que puede aplicarse aleando al mismo un material adecuado, como indio, o ligándole un conductor de oro impurificado con galio.

5 El aparato, según queda descrito, lleva un elemento polarizante, por ejemplo, una batería -19-, conectada a través de los contactos -12- y -13-, de modo que el primero sea positivo respecto al segundo. Unas cargas, representadas por resistencias -21-, -22-, -23- y -24-, están conectadas a las secciones -14-, -15-, -16- y -17-, respectivamente, y secciones alternas lo están a conductores comunes -25- y -26- de un elemento, representado por contactos de conmutación -27- a -31-, para cambiar rápidamente el potencial aplicado a estas secciones de escalonamiento desde tierra hasta un potencial positivo conveniente derivado de un generador como la batería -32-, por intermedio de una resistencia común -33-.

10

15

En actividad, cualquier sección del aparato de la figura 1 que coopera como elemento escalonado, tiene entre sus bornes -18- y -13- la característica indicada en la figura 2, donde una línea de carga -35-, en determinadas condiciones de funcionamiento, corta la característica de régimen por un punto -36-, que representa un estado de gran impedancia o de baja corriente, y por otro punto -37- que corresponde a un estado de escasa impedancia o corriente intensa. La posición de esta línea de carga viene dada por la magnitud de la resistencia común -33- y la resistencia de carga asociada justamente con la sección que funciona. La forma de la característica de tensión-corriente entre los electrodos -18- y -13- depende de la configuración del aparato y de los potenciales aplicados.

20

25

30



20 JUL

= 11 =

229516

5 Con el borne -12- polarizado positivamente con relación al borne -13-, el material de la zona de tipo n en las zonas de tipo p -14- a -17- absorberá un potencial positivo, por ejemplo, V_0 , según muestra la figura 2. Si el contacto -18- estuviese conectado a tierra, de modo que el potencial aplicado entre -18- y -13- fuese cero, los empalmes p-n existentes entre cada una de las secciones de escalonamiento y las porciones mayores del cuerpo de tipo n se polarizan en dirección inversa, y a través del empalme circulará una corriente invertida de saturación. Esta corriente de saturación seguirá fluyendo porque el potencial entre los bornes -18- y -13- se hace positivo mediante el generador -32-, hasta un valor aproximadamente igual a V_0 . Cuando ese potencial pasa de V_0 , el material de tipo p se polariza positivamente con relación al material de tipo n con el que está en contacto, y el empalme p-n se polariza en la dirección de avance de la conducción. Cuando el material de tipo p contiene aceptores con más predominio que donadores el material de tipo n, la corriente de avance a través del empalme p-n consistirá sobre todo en portacargas positivos u hoyos que van del material de tipo p al material de tipo n.

10

15

20

El funcionamiento de la sección de escalonamiento con corriente intensa en estos aparatos requiere que el lapso de tránsito de los hoyos desde las secciones -14- a -17- hasta el electrodo, pasando por el cuerpo -11-, que constituye una zona de característica eléctrica substancialmente uniforme, sea más corto que la duración de un hoyo o carga positiva del material de tipo n de esa zona. El campo eléctrico del material de tipo n entre las secciones escalonadas y el electrodo -13-, por obra del generador -19-, arrastrará

25

30



229516

los hoyos así emitidos al interior del material de tipo n, hacia el contacto -13-. Si este campo es bastante elevado, la duración de un hoyo bastante larga en el material de tipo n, y la separación entre el punto de inyección y el electrodo -13- bastante pequeña, los hoyos llegarán al electrodo -13- antes de reunirse. La presencia de estos hoyos inyectados en el material de tipo n entre -18- y -13- reducirá la resistencia del trayecto a través del cual circulan, proyectando una carga neutralizante de electrones a esa región para aumentar el número de portacargas libres (hoyos y electrones) disponibles para conducción, y, en consecuencia, la tensión a través de estos bornes disminuirá, mientras que aumenta la corriente, como muestra la figura 2. Este proceso se designará en lo sucesivo con el nombre de modulación de conductividad. Así, a medida que aumenta la corriente disminuye la tensión, dando una resistencia negativa de la característica. La resistencia negativa persistirá hasta que la tensión, y con ella el campo resultante del generador -19-, se haga demasiado pequeña para llevar los hoyos al contacto -13- antes de que se recombinen. Cuando esto ocurre, la región de modulación de conductividad comenzará a descender, y la resistencia se hará de nuevo positiva y se estabilizará en la intersección con la línea de carga -35- en el punto -37- de la figura 2. Es decir, que cada sección escalonada del aparato de la figura 1 es un dispositivo biestable, con un primer estado según se indica en el punto -36- de la figura 2, mientras el empalme n-p está polarizado a la inversa y deja pasar una pequeña corriente, y un segundo estado en el punto -37- de la figura 2, donde tal empalme está polarizado hacia adelante y deja pasar una corriente intensa.

20



10510

5

Como ya se ha indicado, las regiones p -14- a -17- son alargadas, de modo que la resistencia en toda la longitud de la tira de tipo p, desde su extremo izquierdo en la figura 1 hasta el contacto -18- de baja resistencia con la misma, se calcula de modo que una corriente del orden de un miliampere que pase a lo largo de ella desarrolle una caída de potencial grande, comparada con $\frac{KT}{q}$. Una resistencia de pocos millares de ohms desarrollaría tal caída.

10

Mientras cualquiera de las secciones escalonadas se halla en la porción de baja corriente de su característica, la caída de potencial a lo largo de ellas será pequeña comparada con $\frac{KT}{q}$, y por consiguiente, desde el punto de vista de colección o inyección de portacargas, la capa de tipo p será efectivamente un equipotencial. Cuando una de estas secciones se coloca en el estado de funcionamiento con corriente elevada, es probable que se inicie una inyección de portadores minoritarios desde cualquier porción de la zona de esa sección. Sin embargo, mientras circula una corriente grande, la mayor parte de ella se inyectará cerca del contacto de baja resistencia, pues la caída de potencial desarrollada a lo largo de la región de tipo p, al pasar corriente a porciones distantes del contacto de baja resistencia, impondría una polarización menor de avance sobre las porciones distantes, reduciendo la emisión efectiva desde ellas. La densidad de emisión y la eficacia del empalme como elemento modulador de conductividad es máxima bajo el contacto -18-, y decrece al aumentar la separación respecto al mismo. Así, como se indica en la figura 1, donde se expone la sección que incluye la zona -15- en actividad, se desarrolla un dibujo de líneas equipotenciales -40-, y el trayecto de corriente entre la zona -15- y el electrodo -13-

15

20

25

30



229510

es el que indican las líneas de flujo -41-.

5 El dibujo de líneas equipotenciales -40-, según muestra la figura 1, indica que cuando la zona -15- se halla en su estado de intensa corriente, el material del cuerpo adyacente al extremo izquierdo de la zona -16- está a un potencial más bajo que el material contiguo a cualquier porción de la zona -14-. Por consiguiente, la tensión crítica de la zona -16- es menor que la de la zona -14-, y por ello la zona -16- se pone en estado de corriente intensa con preferencia a la zona -14-. Este dibujo de equipotenciales determina las dimensiones de las zonas y sus posiciones relativas para un funcionamiento sucesivo satisfactorio. La relación entre longitud y separación de zonas debe ser tal que cuando la zona -15- se encuentra en su estado de corriente elevada, la concentración de los efectos de la modulación de conductividad bajo su extremo derecho reduce el potencial del material del cuerpo bajo el extremo izquierdo de la zona -16- más que bajo el extremo derecho de la zona -14-. Por tanto, la separación entre zonas adyacentes debe ser pequeña en comparación con su longitud; para un aparato con zonas de 1,25 mm., por ejemplo, ha resultado conveniente un espacio de 0,127 mm.

10
15
20
25
30 Como se ha expuesto anteriormente, la conductividad de la región en que se indican las líneas de flujo -41- se ha modulado mediante inyección de hoyos. Se observará que esta región se encuentra principalmente bajo el extremo derecho de la zona -15- y se extiende algo por la porción del cuerpo -11- comprendida entre la zona -16- y el electrodo -13-. Sin embargo, la zona -16-, con el interruptor -34- en la posición indicada, está conectada a tierra por medio de los contactos -27- a -31-. La inyección de portadores en



20 Ju

270510

5 minoría, y por lo tanto la mayor parte de la corriente que pasa por el conmutador, puede pasar de la sección que comprende la zona -15- a la sección que abarca la zona -16- en esta estructura, suprimiendo la polarización de avance de la zona -15- y aplicando un potencial de polarización de avance a la zona -16-. Este traslado del trayecto de conducción exige desviar los potenciales aplicados a las regiones adyacentes en un intervalo breve comparado con el período de tránsito de hoyos en el material de tipo n hasta el contacto -13-. En estas condiciones, los hoyos inyectados entre el extremo derecho de la zona -15- y el contacto -13- estarán aún bajo el extremo izquierdo de la zona -16- para reducir el potencial de la porción del cuerpo adyacente a ella y permitir que se polarice la zona -16- hacia delante antes que cualquiera de las demás zonas conectadas al conductor común -25-.

10

15

Al manipular el interruptor -34-, juntando el contacto -27- al -31-, y el contacto -28- al -30-, la zona -15- se pone al potencial de tierra, y las zonas -14- y -16- tienden a subir hasta un potencial superior a V_0 , por conectarse con el generador -32-. Así, los empalmes n-p entre las zonas -14- y -16- se polarizan ambos hacia delante, y los dos tenderán a emitir portacargas minoritarios u hoyos en el interior del material de tipo n. Sin embargo, en virtud de la modulación de conductividad del material bajo el extremo izquierdo de la zona -16-, por efecto de la inyección de hoyos desde la zona -15- previamente conductora, el potencial de punta requerido para poner la zona -16- en condiciones de emisión es algo más bajo que el necesario para la zona -14-, y, en consecuencia, el trayecto de emisión pasa del extremo derecho de la zona -15- al extremo izquier-

20

25

30



20 JUN

222516

do de la zona -16-. Como en el caso de la zona -15-, la caída de potencial a lo largo de la zona -16-, a causa de la corriente que pasa por ella, tiende a desviar este trayecto de emisión hacia la conexión de baja resistencia -18- en el extremo derecho de la zona -16-, donde permanece aproximadamente hasta que se desconecta el generador -32- o se reduce a menos de V_g el potencial a través del empalme p-n, entre la zona -16- y el cuerpo -11-, como se indica en la figura 2. La zona -14-, inicialmente sujeta al mismo potencial que la zona -16-, no se enciende por impedirlo la resistencia limitante -33-, pues la corriente arrastrada al encenderse la zona -16-, reduce el potencial sobre la carga conectada al contacto de interrupción -25- a menos de V_c para la zona -14-, manteniendo así inversamente polarizado su empalme con el material n del cuerpo -11-, y su característica de actividad en el estado de baja corriente.

La siguiente inversión del interruptor -34- hará avanzar la emisión de hoyos hasta la sección escalonada que incluye la zona -17-, pues el extremo izquierdo de esta última estará colocado en condiciones favorables para emitir hoyos por la modulación de conductividad de la región de debajo, a causa de la inyección de hoyos de la zona -16-, y el paso del generador -32- de la zona -16- a la -17- reducirá el potencial de la zona -16- a menos de la tensión de sosten V_g y elevará el potencial de la zona -17- lo suficiente para polarizar el empalme hacia delante y sobrepasar V_c , su tensión crítica, como se ha señalado en el caso de traslado de la inyección desde la zona -15- a la -16-.

Si bien el aparato representado en la figura 1 se ha limitado a cuatro secciones, puede ampliarse a cualquier número, y por cada inversión del interruptor -30-, la sec-



20 JU

229516

ción conductora se moverá al siguiente escalón. Esta acción es análoga a la de una lámpara electrónica escalonada, y, por consiguiente, un aparato semiconductor de este tipo podrá emplearse como tales lámparas, por ejemplo, para contar.

5 En la configuración representada en la figura 1, el computo avanza de izquierda a derecha. Por tanto, conviene que la sección del extremo izquierdo del aparato sea la primera que entre en el estado de funcionamiento con corriente intensa al ponerla en servicio. Pueden emplearse varios medios para

10 aplicar con preferencia la inyección de portadores minoritarios a partir de una sección denominada inicial. El conductor que sale de la sección inicial puede disponerse separado, y aplicarse un potencial positivo suplementario a este conductor, de modo que, al aumentar el potencial primitivo, la

15 sección inicial sustraiga el flujo de corriente de cualquiera otra sección y siga conduciendo al nivel de tensión sostenida. Una disposición de este género se representa en la figura 1, donde la batería -43- agrega un ligero potencial positivo, que debe ser inferior a la tensión de sostén V_s para la sección -14-.

20

Otro medio de prevenir o de dar preferencia a la emisión de hoyos desde una determinada zona se expone en la figura 3, donde la configuración de esa zona se ha trazado para conseguir que conduzca primero situando una porción -42- de la misma más cerca del electrodo -13A- que cualquiera porción de las otras zonas, con lo que el potencial invertido que desarrolla la corriente que entra en el cuerpo semiconductor -11A- desde el electrodo -12A- al electrodo -13A- es menor para las porciones del cuerpo más próximas al potencial de tierra. Al aumentar el potencial aplicado al conductor

25

30 -25A-, alcanza la tensión crítica necesaria para polarizar ha-



229516

5 cia delante una porción de la zona -14A- antes de que llegue a tal estado cualquier porción de la zona -16A-. La estructura de la figura 3 ilustra también otro medio de asegurar una relación suficientemente íntima entre la región modulada en conductividad adyacente a la región preferida de conducción de la zona -14A-, bajo el contacto -18A-, y la porción inicial de la sección escalonada siguiente. Esto se logra mediante una disposición interdigital entre porciones de zonas adyacentes. Un par de dedos -38- de material de conductividad de tipo p sobresalen de cada zona junto al contacto de baja resistencia con ella, en relación de enlace, pero separados de un dedo -39- que sale del extremo de la zona contigua siguiente. De este modo, la emisión desde los dedos -38- de la primera zona modula la conductividad del material de tipo n situado debajo, y necesariamente la de algún material situado en el trayecto de corriente entre la conexión -13A- y la zona contigua inmediata, o sea del material situado debajo del dedo -39- de la zona contigua siguiente.

10
15
20 El aparato de la figura 3 funciona, por lo demás, del mismo modo que en la figura 1. Puede impulsarse por medio de un sistema de conmutación como el indicado en la figura 1, o con ayuda de otros órganos que provoquen un cambio equivalente en los potenciales aplicados a las secciones escalonadas. El funcionamiento se inicia aplicando un potencial superior a V_0 para la sección que se ha de poner en actividad, y termina para esa sección reduciendo el potencial de avance aplicado a menos del potencial V_0 de sostén.

25
30 Las figuras 4 y 5 exponen asimismo estructuras con zonas de escalonamiento -14B- a -17B- y -14C- a -17C-, respectivamente, configuradas a propósito para transferir la emisión de portadores minoritarios de una sección a la si-

20



229516

5 guiente. Ambos aparatos tienen porciones de las zonas ad-
 yacentes en sus series alineadas superpuestas a lo largo de
 sus trayectos de corriente al electrodo -13-. En la figura
 4, las zonas presentan formas de paralelogramo, y en ellas,
 la emisión de portadores minoritarios, desde una zona en
 condiciones estables, traslapa la porción inicial -44- de
 la zona adyacente inmediata, que penetra en el trayecto en-
 tre el electrodo -13B- y la porción de una sección de donde
 procede la mayor parte de la corriente sostenida. La figura
 10 5 presenta zonas escalonadas rectangulares, inclinadas res-
 pecto a los electrodos -12C- y -13C-, de modo que la región
 inicial de todas ellas, menos la primera, traslapa la región
 de sostén de la zona precedente, y se proyecta en el trayec-
 to en que se produce modulación de conductividad en virtud
 15 de inyección de portadores minoritarios desde esa zona.

Se representa un mando acoplado en transformador
 asociado al aparato de escalonamiento de la figura 4. Esta
 configuración permite aplicar continuamente una polarización
 estacionaria algo inferior a V_c a todas las secciones esca-
 lonadas del aparato, con ayuda de la conexión de toma media-
 na -50- al secundario -51- del transformador -52-. Se apli-
 can impulsos escalonados al aparato haciéndolos pasar a tra-
 vés del primario -53- del transformador -52-. Estos impul-
 sos se superponen al potencial de polarización estacionario
 25 procedente del generador -32B-. El efecto transitorio de
 elevación de un impulso aplicado aumenta el potencial que ac-
 túa sobre el conductor -25B- lo suficiente para que la zona
 -14B- se polarice hacia delante y se ponga en su estado de
 corriente intensa. El efecto transitorio asociado a la caí-
 da del impulso reduce el potencial sobre el conductor -25B-
 30 a menos de la tensión de sostén V_g de la zona -14B-, y aumen-



229516

ta el potencial aplicado por el conductor -26B- a la zona
-15B- por encima de su tensión crítica, de modo que desde
esa zona se inicia la inyección de portacargas minorita-
rios. Un segundo impulso producirá otro ciclo de dos pasos
5 en el aparato, y adelantará la inyección de portadores mino-
ritarios primero a la zona -16B-, y luego a la -17B-. Para
asegurar la activación de secciones sucesivas, el ritmo de
repetición de impulsos no debe ser tan breve que haya dos
impulsos de elevación en un intervalo igual al lapso de trán-
10 sito de portacargas minoritarios desde las secciones de con-
mutación de tipo p al electrodo -13B-. Si la repetición de
impulsos fuera tan rápida que las iniciaciones de dos impul-
sos se produjeran en un intervalo más breve que un lapso de
tránsito, la región situada debajo de la sección escalonada
15 anterior a la puesta en actividad seguirá modulada en con-
ductividad hasta cierto punto, por la presencia de portado-
res minoritarios. Por consiguiente, puede existir cierta
tendencia de la emisión de portadores minoritarios a desviar-
se de la sección en actividad a la precedente más bien que a
20 la siguiente.

El mando de la forma de realización de la figura 5
consiste en un amplificador en contrafase (push-pull) -APP-
que presenta la particularidad de que un impulso aplicado a
su entrada produce impulsos de polaridad opuesta en los dos
25 grupos de secciones escalonadas conectadas a sus conductores
de salida. Se aplica un potencial constante a las seccio-
nes escalonadas, desde el generador de tensión de polariza-
ción y la resistencia de carga del amplificador en contra-
fase, que funcionan análogamente al generador -32- y a la
30 resistencia de carga -33- de la figura 1. Un impulso posi-
tivo de salida, como el indicado en el conductor -26C-, au-



J 20 JUN

- 21 -

29510

5 menta la polarización sobre ese conducto para hacer que pa-
se una de las secciones asociadas al mismo al estado de emi-
sión de portadores minoritarios. En el mismo instante se
aplica un impulso negativo a las secciones asociadas al con-
ductor -250-, para reducir el potencial en ellas a menos de
10 la tensión de sostén, interrumpiendo así la emisión de por-
tadores minoritarios desde la sección activa conectada al
conductor. Como en el caso del mando por acoplamiento en
transformador de la figura 4, para asegurar el avance positi-
vo de la emisión de portadores negativos a una sección es-
calonada siguiente, y evitar que se encienda la sección pre-
cedente, la duración del impulso de salida debe ser mayor
que el lapso de tránsito de portadores minoritarios desde
las secciones escalonadas al electrodo -150-. Este lapso
15 de tránsito se indica en la figura 5 por las letras IT.

 Las figuras 6 y 7 ilustran aparatos escalonados anu-
lares que utilizan algunas de las características ya mencio-
nadas. La figura 6 representa una forma en la cual la co-
rriente circula paralelamente al eje de un cuerpo semiconduc-
20 tivo cilíndrico -60- con electrodos anulares -61- y -62- en
sus extremos opuestos a través de los cuales se conecta un
generador -19D- para establecer un campo en el semiconductor
y una polarización inversa en los empalmes rectificadores en-
tre las zonas escalonadas -63- y el cuerpo. A la configura-
25 ción anular pueden aplicarse cualquiera de las técnicas que
aseguran un orden de actividad preferente a las secciones
escalonadas, tanto para funcionamiento inicial como para el
consecutivo, según se ha expuesto con referencia a las figu-
ras 1 a 5. Es posible aplicar a esta estructura órganos de
30 mando y de aprovechamiento de salida del tipo descrito an-
teriormente. Esta configuración ofrece especiales ventajas

20



2295

porque puede hacerse funcionar a lo largo de varios ciclos, por ejemplo, como contador de decenas, y escalonarse en un sentido que lo restituya a la sección inicial.

5 La estructura anular de la figura 7, además de ofrecer las características propias de la representada en la figura 6, proporciona un medio de desarrollar en el semiconductor, para una tensión dada, un campo más amplio que en ninguno de los ejemplos de realización precedentes. En este caso, el cuerpo semiconductor -70- es de forma anular, y se disponen electrodos -71- y -72- en las periferias externa e interna, con espacios substancialmente iguales en toda su longitud respectiva. Se desarrolla un potencial a través del cuerpo entre los electrodos -71- y -72-, de tal polaridad que el campo de éstos arrastra hacia la periferia interna portadores minoritarios inyectados desde las zonas

10 -73- de las secciones escalonadas. En esta estructura se obtiene una configuración convergente para el flujo de cargas, por la que el potencial en el cuerpo semiconductor aumenta como el logaritmo del radio. Así, en las porciones del cuerpo -70- próximas al electrodo interno -72- los campos son más intensos que en las porciones más distantes de ese electrodo. Esto permite hacer funcionar el aparato, para una determinada separación entre electrodos, con tensiones entre los electrodos -71- y -72- del cuerpo principal, más

15 bajas que la tensión necesaria en los aparatos de las anteriores variantes, y al mismo tiempo, en la región comprendida entre las zonas escalonadas y el electrodo interno se concentra un campo más elevado, con lo que se reduce el lapso de tránsito por este electrodo de los portadores in-

20 yectados en los empalmes entre el cuerpo y las zonas.

25

30

Las figuras 8 y 9 muestran aparatos de escalonamien-

20



20516

to que permiten adelantar el trayecto de conducción de una sección a otra en ambos sentidos, y esta función sirve para sumar y restar. La figura 8 corresponde a la construcción de la figura 1 por estar provista de un par de conductores comunes -25F- y -26F- a los bornes -84- y -85- primero y segundo, respectivamente, y conectada mediante vargas individuales -21F- a -24F- con una primera serie de superficies limitadas de contacto -18F- en el extremo derecho de dos grupos primero y segundo de zonas -14F- y -16F-, -15F- y -17F-, respectivamente. La aplicación de un impulso positivo al conductor -25F- hace que la zona -14F-, a la que está conectado el generador primario -43F-, rebase su V_c e inicie la conducción al electrodo -13F-. Impulsos alternos subsiguientes, aplicados a los conductores -26F- y -27F-, harán pasar secciones más a la derecha a su estado de conducción, mientras que la sección que antes era conductora queda inactiva, por reducirse el potencial aplicado a menos de su tensión de sostén V_s .

La dirección de avance de las secciones activadas puede invertirse transfiriendo el funcionamiento a los conductores -81- y -82- conectados a los bornes tercero y cuarto -86- y -87-, respectivamente. Esto transporta la porción mayor de la emisión sostenida de portadores minoritarios desde el extremo derecho de las zonas escalonadas -14F- a -17F- al extremo izquierdo de aquellas secciones, mediante el cierre de un circuito a las secciones a través de una segunda serie de conexiones -83- de superficie limitada y escasa resistencia, en sus extremos de la izquierda. El proceso que provoca esta desviación es el mismo ya descrito para las formas de ejecución anteriores. Las conexiones -83- abarcan sólo una porción limitada de



229516

20
5
10
15
las secciones, y están apartadas de las superficies de gran conductividad de los contactos -18F-; por consiguiente, si fluye corriente transversal por las secciones, a causa de su elevada resistencia por unidades de longitud, fuera de la proximidad de las conexiones -18F- y -83-, se produce una notable caída de potencial y se polarizan las porciones de la barrera rectificadora entre el cuerpo -11F- y las zonas separadas de las conexiones operantes -83- a un valor más pequeño que las porciones próximas a las conexiones. Como la región de modulación de conductividad en el cuerpo -11F- entre la zona de actividad de un grupo y el electrodo -13F- que rebasa esa zona, es más eficaz bajo el extremo derecho de la zona hacia la izquierda, esta última zona queda prevenida, y la aplicación de potenciales que reducen la zona activa a menos de su tensión de sostén y elevan después las zonas adyacentes del otro grupo hacia su tensión crítica de encendido pondrá en juego la zona situada a la izquierda.

20
25
30
Cuando se hace funcionar el aparato de la figura 8 para adelantar el trayecto de conducción hacia la derecha desde la zona -14F- a la zona -16F-, se aplican impulsos a los conductores -25F- y -26F-. El trayecto se puede adelantar a la izquierda desde -16F- y -15F- transfiriendo el generador de tensión de polarización -32- y la carga común -33- (no representados en la figura 8) desde los conductores -25F- y -26F- a los conductores -81- y -82-. Esto hace que la porción mayor del trayecto se desvíe del extremo derecho al izquierdo en la zona -16F-, de modo que al aplicar un potencial al conductor -82- para elevar la zona -15F- a más de su tensión crítica, y otro potencial al conductor -81- que reduzca la zona -16F- a menos de su



2295 16

tensión de sostén, el trayecto se transfiere a la zona -15F-. Las técnicas de mejora de transferencia y las de iniciación aquí sugeridas pueden aplicarse a los elementos asociados a cada dirección de avance en esta forma de construcción.

5

También se puede escalonar en ambas direcciones el trayecto de corriente en la estructura de la figura 9 por medio de un grupo aparte de secciones escalonadas para cada dirección de funcionamiento. A fin de simplificar la explicación, se ha representado el sistema de impulsos de la figura 1, que comprende el generador -32-, la resistencia común -33- y el interruptor de impulsos, aunque es posible aplicar otros sistemas. Los impulsos se aplican selectivamente por medio del interruptor -90- a uno de dos pares de conductores comunes, el primero de los cuales, -91- y -92-, sirve para adelantar el trayecto de conducción de izquierda a derecha, y el segundo, -93- y -94-, de derecha a izquierda. Los conductores -91- y -92- están conectados a zonas -14G- a -17G-, en la cara anterior del cuerpo -11G-, de un modo que corresponde en estructura y función a las zonas -14C- a -17C- de la figura 5. Los conductores -93- y -94- están conectados a zonas -95- a -98-, similares a las zonas -14G- a -17G-, y situadas en la cara posterior del cuerpo -11G-, frente a estas zonas, en orden inverso. El espesor del cuerpo -11G- entre estos grupos de zonas escalonadas se funda en las mismas consideraciones aducidas para determinar la separación de zonas adyacentes en cada grupo, de modo que los equipotenciales resultantes del funcionamiento de una zona por una cara en el estado de corriente intensa se extienden al material situado bajo su zona correspondiente por la otra cara, y reducen su tensión

10

15

20

25

30



20

229516

crítica. La interacción obtenida de este modo permite adelantar el trayecto de conmutación a lo largo del grupo de secciones en que se inicia el funcionamiento, o trasladarlo del grupo de una cara al grupo de la otra cara, aplicando potenciales convenientes.

5

Cuando el aparato de la figura 9 se halla en el estado de actividad que se representa, con el interruptor -90- conectado a los conductores -91- y -92-, se establece un trayecto de corriente entre la zona -14G- y el electrodo -13G- al conectar el interruptor -34- de modo que el contacto -28- esté en comunicación con el generador -32-. La manipulación del interruptor -34- adelantará el trayecto de corriente a la derecha, a través de las zonas -15G- -16G- y -17G-.

10

El trayecto se puede desviar a una de las zonas -95- a -98-, y volver hacia la izquierda conectando el generador de impulsor, mediante el interruptor -90-, a los conductores -93- y -94-, de modo que los potenciales aplicados a las zonas -14G- a -17G- actúan también sobre las zonas correspondientes -98- a -95-, respectivamente. Suponiendo que funcione la zona -17G-, el borne positivo del generador -32- está conectado a ella por medio de los interruptores -34- y -90-. El potencial del generador -32- se transfiere a las zonas -95- y -97-, situadas en la cara posterior del cuerpo -11G-, por medio del interruptor -90-.

15

20

La zona -95- está en la región del cuerpo modulada en conductividad por la corriente que circulaba antes desde la zona -17G-; por tanto, pasa a un estado de conducción antes de que se alcance la tensión crítica para la zona -97-. Pulsando los conductores -93- y -94-, por ejemplo, mediante el interruptor -34-, adelanta luego el trayecto de conducción a través de -96-, y así sucesivamente, hacia la izquierda.

25

30



229516

Ciclos de transferencia de esta naturaleza pueden repetirse luego entre secciones situadas en las caras anterior y posterior del cuerpo -110-.

5 Las estructuras de escalonamiento reversible de las figuras 8 y 9 se pueden modificar a fin de disponer de más secciones preferidas para funcionamiento inicial en cualquier dirección de avance. Por ejemplo, como se ha sugerido con referencia a la figura 1, puede aplicarse una polarización preventiva a una de las secciones del grupo

10 que funciona de izquierda a derecha, siempre que su potencial adicional no sobrepase la reducción del potencial crítico de encendido resultante de la modulación en conductividad por obra de una sección activa contigua a cualquiera de las secciones conectadas a su conductor pulsado. Además,

15 las técnicas de inversión son aplicables a las estructuras anulares de las figuras 6 y 7. Las secciones de conmutación se pueden llevar alrededor del extremo del cuerpo semiconductor, continuar a lo largo de la superficie posterior, y volver después a la cara anterior. Una disposición de este género debe emplearse sobre un cuerpo bastante grueso para evitar que se propague la influencia actuante de la región modelada en conductividad bajo una sección, a través del cuerpo, hasta una sección de la cara opuesta, con preferencia un largo de zona.

20

25 Pueden constituirse también aparatos de escalonamiento o computo empleando varias secciones acopladas de repetidor, cada una con un colector multiplicador de corriente. En tales construcciones, el acoplamiento se puede realizar con ventaja utilizando una base o región equivalente de material semiconductor, común a todas las

30 secciones del repetidor, y que presente regiones preferi-



222516

5 das de conducción, de modo que el funcionamiento de una sección prepare otra sección contigua preferida, para conducción al aplicar potenciales adecuados. Se conocen varias formas de colectores de multiplicación que presentan la característica deseada de gran impedancia por debajo de una tensión crítica y escasa impedancia una vez alcanzada la tensión crítica. Estas formas comprenden multiplicadores acumulativos y repetidores con colector de gancho, por ejemplo, del tipo descrito en las patentes estadounidenses 10 2.655.609, de W.Shockley y 2.655.610, de J.J. Ebers, ambas otorgadas el 13 de octubre de 1953.

15 Los aparatos de escalonamiento o cómputo de las figuras 10, 12, 13 y 14 utilizan todas varias secciones de repetidor con empalme autopolarizadas, con un colector de gancho o región emisora conjugada, que ofrece entre cada par de bornes de sección, una característica de tensión-corriente de la forma expuesta en la figura 11, en la cual las ordenadas representan la tensión y las abcisas la corriente. El elemento básico de la sección escalonada de 20 estos aparatos comprende un cuerpo semiconductor de material monocristalino, que contiene cuatro zonas contiguas de tipos de conductividad alternativamente opuestos. En la figura 10, el aparato comprende cuatro elementos, cada uno de los cuales tiene una región fundamental común -101-, por ejemplo, una zona de conductividad de tipo p, bastante delgada para que puede producirse repetición a través de ella, por ejemplo, de 0,0254 mm. para germanio, y una región emisora -102- que comprende una zona de conductividad de tipo n, contigua, y que forma un empalme n-p -103- en su 25 interficie con la base. Una región colectora -104-, que comprende una zona de conductividad de tipo n, bastante del-

30



220510

20

5

10

15

20

25

30

gada para permitir repetición a través de ella, por ejemplo, de 0,0254 mm. para germanio, se halla colocada a través de la base desde cada región emisora, y forma un colector -105- de empalme n-p en su interficie con la base. La multiplicación de corriente se realiza en esta estructura por medio de un tercer empalme n-p -106- entre la región coleccionadora -104- y una zona -107- de conductividad de tipo p. Desde este tercer empalme se inyectan hoyos en la región coleccionadora -104- en respuesta a la corriente que entra en ella, a consecuencia de los electrones inyectados en el empalme emisor -103-, con lo que se obtiene en algunas fases del funcionamiento una corriente de salida mayor que la corriente de entrada en el empalme emisor -102-.

Se aplican tres contactos -109-, -100- y -111- no rectificadores a cada sección escalonada del aparato -100-. Los contactos -109- y -111- pueden considerarse como contactos de emisión y de base, respectivamente, de un repetidor corriente de empalme, y el contacto -110- corresponde al de emisor conjugado o colector de gancho de un repetidor de empalme provisto de tal colector. Una particularidad de los repetidores de empalme con colector de gancho es la multiplicación que permiten realizar corrientemente.

El funcionamiento de cada sección escalonada y el valor adecuado de la resistencia -112- se pueden determinar para una construcción particular por la exposición siguiente, en la que se toma como base una sección de la estructura representada en la figura 10. Con una tensión de polarización en el sentido indicado, el empalme -105- entre las regiones -101- y -104- se polarizará en sentido inverso, mientras que los otros dos empalmes funcionarán



229516

5 como emisores. De este modo se difundirán portadores minoritarios a través de ambas regiones -101- y -104-, y los factores de amplificación de corriente para tales procesos son α_1 y α_2 , respectivamente. Si la corriente de saturación para el empalme de polarización inversa es I_s , puede demostrarse que la corriente I que pasa por el aparato viene dada por

$$I = \frac{I_s}{1 - (\alpha_1 + \alpha_2)} \quad (1).$$

10 La ecuación (1) denota que si la suma de las α es inferior a la unidad, circula una corriente finita, igual a algún múltiplo de la corriente de saturación. Cada una de las α es independiente de la tensión aplicada, para las mayores de 25 milivolts, por lo que I será independiente de
15 la tensión, y la característica $V-I$ del aparato será la indicada por la curva A en la figura 11. La ecuación (1) muestra además que el estado correspondiente a una suma de α_1 y α_2 mayor que la unidad es imposible, pues a medida que esa suma se acerca a la unidad, la corriente se
20 aproxima al infinito, y porque un mayor aumento de la suma daría valores negativos para I . Por tanto, si la suma de las α con una tensión aplicada mayor de unos 25 milivolts es mayor que la unidad, la tensión a través del aparato no alcanzará nunca valores de saturación. La característica
25 $V-I$ tenderá a ser de la forma indicada en la curva B de la figura 11. Por consiguiente, según los valores de α_1 y α_2 , el aparato puede presentar una impedancia muy elevada o muy reducida.

30 Cuando se conecta una resistencia -112- entre las regiones -102- y -101-, tenderá a derivar o desviar parte de la corriente I en torno del empalme emisor entre las



regiones -102- y -101-. Este efecto se puede tomar en
 consideración teniendo presente que la γ de este empalme
 se ha disminuído, y, en consecuencia, que se ha reducido
 el valor de α_1 . Sin embargo, el valor exacto de α_1 de-
 5 penderá de la relación entre la resistencia -112- y la re-
 sistencia en declive del empalme polarizado hacia delante
 entre las regiones -102- y -101-. Como la segunda decre-
 ce al aumentar las corrientes, el valor efectivo de α_1 au-
 mentará con la corriente. Por tanto, un aparato en el que
 10 la suma de las α sin resistencia, es mayor que la unidad,
 con una resistencia -112- de valor apropiado tendrá una
 suma de α menor que la unidad para corrientes inferiores
 a cierto valor I_1 . Un valor adecuado de I_1 se expone en
 la figura 11. La característica V-I del aparato irá en-
 15 tonces desde una tensión 0 a lo largo de la curva A en la
 figura 11 hasta que se produce ruptura, en V_0 , al alcanzar
 la corriente el valor crítico I_1 . A corrientes más altas,
 la suma de las α será así mayor que la unidad, y la ca-
 racterística debe continuar a lo largo de la curva B. Se
 20 observará que cualquier mecanismo de ruptura que dé un au-
 mento de corriente con la tensión, y por ello un aumento
 de α con la tensión, puede servir como sección de conmu-
 tación con estados de impedancia elevada y reducida tales
 como los empleados en aplicaciones de puntos cruzados. Es
 25 decir, que tal dispositivo funcionaría igualmente bien si
 la ruptura obedeciera a acumulación, a fuga superficial,
 o a otras causas.

El orden de magnitud de la resistencia -112- que
 puede emplearse en un aparato como el representado en la
 30 figura 10 es el mismo de la resistencia en declive R_e de
 un empalme p-n polarizado hacia delante. Esta resistencia,

20



229516

R_e , función de la corriente I , viene dada por

$$R_e = KT/qI = 1/40 I \text{ (a la temperatura ambiente) (2).}$$

5

Así, para una escala de I entre 10^{-5} y 10^{-3} amperes, R_e oscilará entre 2500 y 25 ohms.

10

La selección exacta de la resistencia paralela R dependerá, pues, de los siguientes factores. Se tienen los valores particulares de α_1 y α_2 , y el valor de la corriente I_1 a que interesa que se produzca la ruptura. En la práctica, se han empleado valores de R comprendidos entre unos 50 ohms y hasta 10.000 ohms.

15

Cuando funciona el aparato de la figura 10, si la tensión entre los contactos del emisor y del colector sobrepasa un valor crítico V_{c1} , la eficacia del emisor aumenta hasta un nivel en el que la relación global de multiplicación de corriente de la sección rebasa la unidad y entra en una región activa de escasa impedancia, en la que permanece mientras se mantenga una tensión de sostén superior a V_{s1} entre los contactos -109- y -110-.

20

Es posible fabricar una estructura semiconductor de este género mediante técnicas adecuadas de difusión y aleación. Por ejemplo, se obtiene una estructura n-p-n-p difundiendo en estado de vapor aluminio y antimonio a partir de antimonio de aluminio en las caras mayores de una chapa de tipo n. El aluminio se difunde en silicio más fácilmente que el antimonio, y profundiza más que este elemento para convertir en tipo p una porción del cuerpo primitivo de tipo n. La estructura resultante es un emparedado de cinco capas de tipos de conductividad n-p-n-p-n. Se puede retirar una de las capas de tipo n mediante procedimientos de corrosión o de abrasión, y las capas pueden separarse en secciones escalonadas practicando ramuras en las capas

25

30



229516

20
5 exteriores. Es posible aplicar contactos según convenga mediante evaporación o aplicación galvánica de películas metálicas, aleando cuerpos o películas metálicas con las capas, o por métodos de soldadura.

5 Cada sección de conmutación del aparato de esca-
lonamiento expuesto en la figura 10 presenta regiones ex-
teriores -102- y -107- que se disponen a propósito para
concentrar las corrientes de la sección en un extremo, a
fin de prevenir la sección adyacente a tal extremo para
10 que funcione. Esta concentración se efectúa haciendo cada
una de las zonas de dimensión lateral substancial, y apli-
cando contactos a la misma sólo en una porción limitada de
su superficie, de un modo similar al sugerido para los
aparatos antes descritos. Así, las regiones exteriores
15 -102- y -107- se hacen de una área de sección transversal
en el plano normal al papel, y de tal resistividad, que
una corriente del orden de un miliampere, al circular ho-
rizontalmente o en la dirección lateral en estas regiones,
produzca una caída de potencial bastante grande comparada
20 con $\frac{KT}{q}$ a lo largo de la región, en el plano del papel. Es-
tas caídas de potencial siguen una dirección apropiada para
reducir las polarizaciones hacia delante a través de em-
palmes -103- y -106- emisores de portadores minoritarios,
de modo que las porciones distantes de los contactos óh-
25 micos -109- y -110- en el extremo derecho de las regiones
-102- y -106-, respectivamente, tiendan a interrumpir la
emisión de portadores minoritarios, y la porción mayor de
la corriente que atraviesa las secciones se concentre entre
los contactos -109- y -110- y junto a la porción izquierda
30 o región inicial de la sección inmediata a la derecha.

Cuando se emplea como contador o aparato de esca-



229516

20

5

10

15

20

25

30

lonamiento, la unidad de la figura 10 funciona en respuesta a potenciales de activación que pueden aplicarse del modo antes expuesto. Como en las formas de realización antes descritas, se emplea alguna forma de prevención inicial para asegurar que la corriente empiece a circular en la sección que convenga. Para simplificar la ilustración, este medio de prevención no se ha representado en el dibujo. Puede comprender un generador de potencial que corresponde a la batería -43- de la figura 1. La aplicación de un potencial positivo al conductor -25H-, suficiente, en combinación con medios primarios en la sección A_1 para elevar esa sección por encima de su tensión crítica, conmutará esa sección para funcionar en la región MN de la figura 11 y concentrar la corriente en la sección A_1 entre bornes -110- y -109-. Cuando la tensión aplicada al conductor -25H- se reduce a menos de la tensión de sostén V_{s1} de la sección A_1 , esa sección cesará de conducir. Si se aplica al conductor -26H- una tensión superior a la crítica de las secciones B_1 y B_2 , una de estas secciones tendrá que encenderse. Siempre que el extremo izquierdo de B_1 esté suficientemente cerca del trayecto de conducción primario de la sección A_1 , dentro de unas pocas longitudes de difusión de portadores minoritarios en la región común de base -101-, y sea bastante corto el intervalo entre el final de la conducción por A_1 , así como la aplicación de la tensión crítica B_1 , dentro de la duración aproximada de los portadores minoritarios en la región común de base -101-, se interrumpirá B_1 con preferencia a B_2 . Esta ruptura obedece a portacargas minoritarios inyectados en la región de base de esa sección siguiente desde la sección que funciona previamente. De manera análoga, puede demostrarse que en cada

20.



de potenciales aplicados a los conductores -25H- y -26H-, el flujo de corriente se trasladará a una sección a la derecha.

5 El funcionamiento de una sección, por ejemplo, A_1 , con exclusión de otras secciones conectadas a los conductores comunes a ella, se realiza empleando una caída de potencial en la región del aparato común a todas las secciones, o sea en la base (fig. 10), de magnitud apropiada para mantener los empalmes rectificadores de esas otras

10 secciones polarizados en su estado de gran impedancia. Esta caída se consigue construyendo la región de base -101- de modo que la resistencia dentro de la región comprendida entre secciones conectadas a conductores comunes sea del orden de magnitud de las resistencias -112- de la base.

15 Así, cuando la sección conductora se halla en su estado de multiplicación de corriente, y por ello retira una gran corriente de base, esa corriente circula a través de la región de base y por el contacto -11- y la resistencia -112-.

20 A su vez, la caída de potencial resultante de la corriente de base polariza la región de base de la sección en actividad, en sentido positivo con relación a tierra, con lo que el empalme del emisor se polariza hacia delante. Se dispone de trayectos paralelos a tierra para parte de esta corriente de base, a lo largo de la sección de base y

25 a través de las resistencias -112- de base de otras secciones escalonadas. Los potenciales desarrollados en la región de base, de las corrientes que circulan por esos trayectos, polarizan el material de base debajo de las otras secciones, como A_2 en un estado menos positivo. Por

30 tanto, la polarización hacia delante de los emisores de esas otras secciones no basta para hacerlos pasar a su ex-



220516

tado de baja impedancia.

5 La unidad conmutatriz -120- representada en la figura 12 corresponde a la de la figura 10, de la cual difiere en que las resistencias -112- de la base de la figura 10 se han integrado en el cuerpo semiconductor a modo de prolongaciones -121- de material de la región de base -101- por cada sección de conmutación. Debe advertirse que la figura 12 muestra la estructura en planta más bien que en elevación, de modo que sólo aparece la región 10 -107- de las secciones A_1 , B_1 , A_2 y B_2 . Cuando las resistencias de base se constituyen en la estructura pectiniforme, la delgada capa n -102- que compone el emisor puede ser continua y presentar contactos óhmicos -109- de escasa resistencia y convenientemente espaciados para cada sección. 15

La figura 13 muestra otra forma de ejecución de un aparato de escalonamiento del tipo general expuesto en la figura 10. Esta unidad emplea una conexión común -122- no rectificadora con la porción del cuerpo que funciona como región de base, y, como en el ejemplo de la figura 12, 20 utiliza la resistencia global del cuerpo en vez de la resistencia -112- del caso de la figura 10. De igual modo que la figura 12, la figura 13 representa el aparato en planta, y muestra sólo zonas de emisor -107K-, con el trayecto de corriente en cada sección escalonada normal al plano del papel. 25

Un sistema de conmutación reversible -130-, que utiliza secciones conmutatrices de repetidores de empalme con colectores de gancho, como en la figura 10, se representa en la figura 14. Para simplificar el dibujo se han 30 suprimido las resistencias de carga -21- a -24-, los con-

20 JUN



- 37 -

229516

tactos -111- de la región de base y las resistencias de base -112-; pero ha de entenderse que una estructura completa comprenderá estos elementos o sus equivalentes, además de medios apropiados de prevención. Como en las unidades reversibles de la figura 8, el funcionamiento de este aparato se funda en el empleo de contactos óhmicos con porciones situadas en los extremos de la derecha de las secciones, para adelantar el trayecto de conducción de izquierda a derecha, y de contactos en los extremos de la izquierda, para adelantar el trayecto de derecha a izquierda. La selección de la dirección de escalonamiento se realiza por medio del interruptor -131-, que, en la posición superior, conecta los conductores -132- y -133- del colector y el conductor -134- del emisor a los generadores de potencial en actividad, y concentra grandes corrientes en el extremo derecho de cada sección, mientras que en su posición inferior conecta con los elementos impulsores los conductores -135-, -136- y -137-, asociados a contactos del extremo izquierdo de las secciones.

Aún cuando la exposición que precede se ha dedicado a aparatos que comprenden cuerpos de materiales semiconductivos, con regiones actuantes de un tipo específico de conductividad, debe entenderse que estas regiones pueden ser de un tipo de conductividad opuesto, siempre que se inviertan debidamente los potenciales de régimen. En la mayoría de las formas de realización representadas se han indicado sólo cuatro secciones de escalonamiento, pero en la práctica se emplearán muchas más, habitualmente con tal configuración que permita proseguir el funcionamiento en una sola dirección de escalonamiento y volver a la sección primeramente activada.



5 Aun cuando se han descrito formas específicas de realización de este invento, se entenderá que todas son puramente ilustrativas, y que pueden introducirse en ellas diversas modificaciones sin apartarse del alcance y el espíritu del invento.

====: N O T A :====

Se reivindica como objeto de esta patente:

10 1.- Aparato repetidor de impulsos con cuerpo semiconductor, caracterizado por varias zonas de un tipo de conductividad, aplicadas al cuerpo o embutidas en el mismo; una conexión por lo menos con dicho cuerpo, adyacente a dichas zonas, pero separada de ellas, cuya longitud mayor es substancialmente normal al trayecto desde
15 las zonas a la mencionada conexión, mientras que su sección transversal y su resistividad ofrecen una resistencia substancial al paso de corriente por la mayor longitud citada, estando dichas zonas alineadas substancialmente en la dirección de sus longitudes mayores; y una
20 conexión de baja resistencia, en lo esencial no rectificadora, con una porción limitada de cada una de estas zonas, situada en el extremo de la referida longitud mayor, junto a la zona de la serie que ha de funcionar seguidamente.
25

30 2.- Aparato repetidor de impulsos según la reivindicación 1, caracterizado porque los extremos contiguos de las zonas adyacentes presentan prolongaciones que se traslapan en la dirección del trayecto de corriente desde ellas a la conexión mencionada con el cuerpo.

3.- Aparato repetidor de impulsos según las rei-



vindicaciones 1 ó 2, caracterizado porque tales zonas se prolongan por cada uno de sus extremos, y las prolongaciones de zonas sucesivas en el sistema se disponen en relación interdigital.

5

4.- Aparato repetidor de impulsos según las reivindicaciones 1, 2 ó 3, caracterizado porque la zona del sistema que ha de actuar primero, presenta una porción que se acerca a la mencionada conexión con el cuerpo más que cualquiera porción de las demás zonas del conjunto.

10

5.- Aparato repetidor de impulsos según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque el sistema presenta una forma anular cerrada.

15

6.- Aparato repetidor de impulsos según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque las zonas se disponen en orden adecuado para funcionar en sucesión, y cada zona comprende un emisor de portadores minoritarios con una primera región de emisión al interior del cuerpo, la cual deja pasar una porción mayor de los portadores minoritarios en un estado de funcionamiento, y una segunda región de emisión de portadores minoritarios al interior del cuerpo, separada del mismo; estando situada la primera región de emisión de cada uno de los emisores contigua a la segunda región de emisión del emisor seguidamente activado de la serie.

20

25

7.- Aparato repetidor de impulsos según la reivindicación 6, caracterizado por utilizar medios de polarización a fin de orientar selectivamente el emisor para proporciones mayores o menores de emisión; presentando cada uno de los emisores una porción conectada a la zona que emite una parte mayor de los portacargas que salen de ella cuando se polariza para una emisión importante, y una

30



229516

segunda porción conectada a dicha zona y separada de la primera porción, estando dicha primera porción de cada emisor adyacente a la segunda porción del emisor que ha de hacerse funcionar seguidamente en el sistema, y dentro del orden de una longitud de difusión de portadores minoritarios de la misma.

8.- Aparato repetidor de impulsos según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado porque cada una de las mencionadas zonas tiene dos porciones de diferente eficacia como elemento de modulación de conductividad, y una porción más eficaz de cada zona se yuxtapone a la porción menos eficaz de la conexión inmediata siguiente en el sistema.

9.- Aparato repetidor de impulsos caracterizado porque cada una de las zonas comprende una región colectora de multiplicación de corriente.

10.- Aparato repetidor de impulsos según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado por varias secciones de escalonamiento, cada una de las cuales comprende una de las referidas zonas y tiene un estado de gran impedancia y otro de impedancia reducida, cuyas secciones están dispuestas para funcionar en sucesión en el estado de baja impedancia; y una primera porción del empalme rectificador de dichas zonas presenta una gran polarización hacia delante en el estado de baja impedancia, mientras que una segunda porción del empalme rectificador de cada una de esas zonas presenta una polarización menor hacia delante y está separada de la primera porción; estando las mencionadas zonas ordenadas con la primera porción de cada empalme rectificador adyacente a la segunda porción del empalme rectificador de la zona de la sec-



229516

ción siguiente, para hacerla funcionar en sucesión.

5 11.- Aparato repetidor de impulsos según la reivindicación 1, caracterizado por un empalme rectificador entre cada una de las mencionadas zonas del cuerpo citado; un primer grupo de zonas que comprende una de cada dos zonas del sistema; bornes primero y tercero conectados al primer grupo de zonas; un segundo grupo de zonas situadas entre las zonas del primer grupo en el sistema; bornes segundo y cuarto conectados al segundo grupo de zonas; un primer contacto en cada zona del sistema, aplicado a una porción de la misma adyacente a la zona de sus derecha; un segundo contacto en cada zona del sistema, separado del primer contacto y aplicado a una porción de la misma contigua a la zona de su izquierda; estando los bornes primero y segundo conectados a los primeros contactos de los grupos de zona primero y segundo respectivos, y los bornes tercero y cuarto conectados a los segundos contactos de los grupos de zonas primero y segundo respectivos.

10 12.- Aparato repetidor de impulsos según la reivindicación 11, caracterizado por medios que hacen funcionar sucesivamente en la dirección de alineación las zonas de una de las series desde un estado de gran impedancia a otro estado de impedancia relativamente baja; estando los empalmes de las zonas correspondientes de las series primera y segunda separados entre sí por una distancia tal que el estado de baja impedancia de una zona reduce el potencial del material del cuerpo adyacente a dicho empalme de la zona correspondiente; y medios que transfieren selectivamente esa actuación entre zonas de las series primera y segunda mencionadas.

13.- Aparato repetidor de impulsos según cualquier

20



229516

ra de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por aplicarse una segunda conexión al cuerpo, por cada sección que comprende una de las referidas zonas.

5 14.- Aparato repetidor de impulsos según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, caracterizado por establecer una segunda conexión en cada una de las primeras zonas, junto a una porción de la primera zona de una segunda sección adyacente, y por emplearse bornes separados para las mencionadas conexiones primera y segunda.

10 15.- Aparato repetidor de impulsos según las reivindicaciones 13 ó 14, caracterizado porque cada una de dichas secciones comprende una tercera zona de material semiconductor, de un tipo de conductividad opuesto al de las zonas primera y segunda, separada del cuerpo y contigua a la segunda zona; estando constituida la conexión conductora de corriente con esa segunda zona por un empalme rectificador con la tercera zona, y aplicándose un contacto no rectificador a cada una de las terceras zonas.

20 16.- Aparato repetidor de impulsos según la reivindicación 15, caracterizado porque la tercera zona tiene una dimensión lateral substancialmente mayor que la del contacto no rectificador mencionado, y una resistencia relativamente grande en la dirección lateral; y el contacto no rectificador se aplica a la tercera zona junto a una porción de la citada tercera zona de una sección dotada de un trayecto en el cuerpo en proximidad inmediata a esa sección.

25 17.- Aparato repetidor de impulsos según cualquiera de las reivindicaciones 13 a 15, caracterizado por un borne conectado a una de las referidas conexiones del cuer-

20



229516

po, una resistencia entre este borne y el trayecto situado en el cuerpo, de igual magnitud que la resistencia de uno de los empalmes rectificadores cuando se polariza hacia delante.

5 18.- Aparato repetidor de impulsos según cualquiera de las reivindicaciones 13 a 15, caracterizado por tener una porción integral del cuerpo situada entre cada uno de los trayectos de sección dentro del cuerpo y una de las conexiones con este último, de igual magnitud que la resistencia de uno de los empalmes rectificadores cuando se polariza hacia delante.

10 19.- Aparato repetidor de impulsos según la reivindicación 1, caracterizado porque la zona y la conexión se ordenan de modo que resulte escalonada la conducción de una zona a otra en un sentido o en el opuesto.

15 20.- Aparato repetidor de impulsos según la reivindicación 1, caracterizado porque las zonas comprenden colectores de gancho para facilitar la conducción de una zona a la sucesiva.

20 21.- Aparato repetidor de impulsos, con cuerpo semi-conductivo.

Esta memoria consta de cuarenta y tres páginas, escritas por una sola cara.

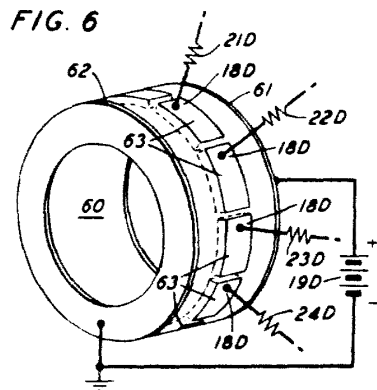
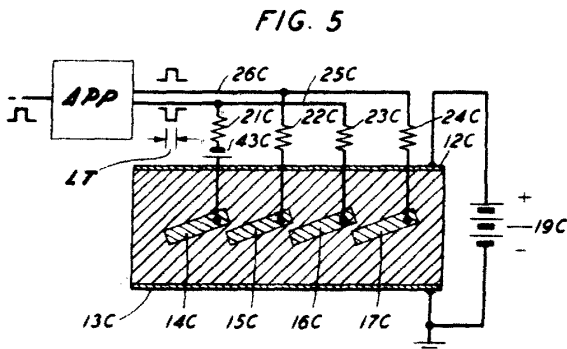
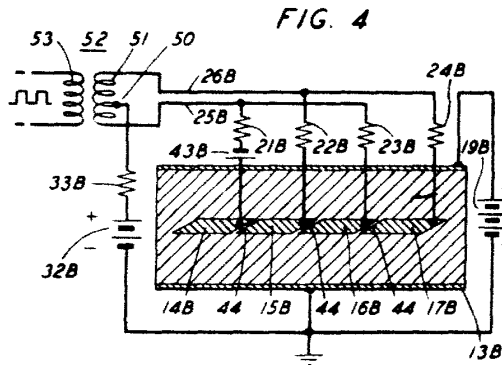
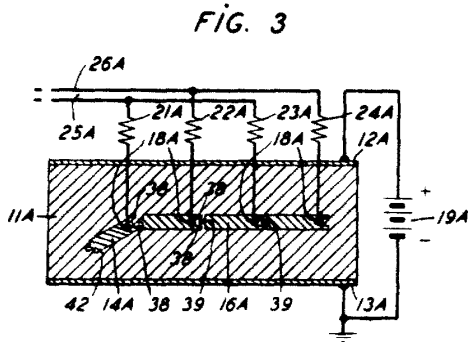
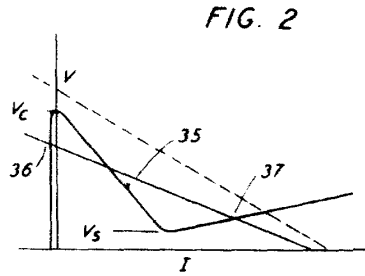
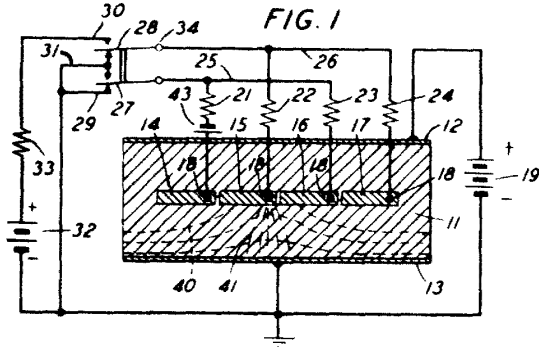
BARCELONA, 20 JUN 1956

P.A.



JUN 1956

23516



P.A.



1956

229516

FIG. 7

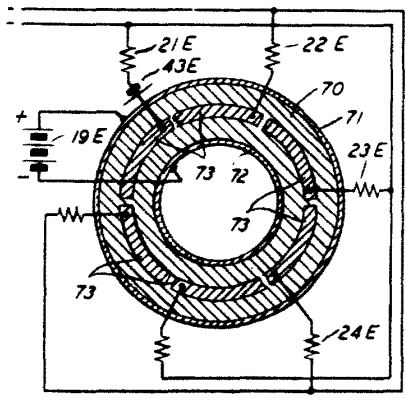


FIG. 8

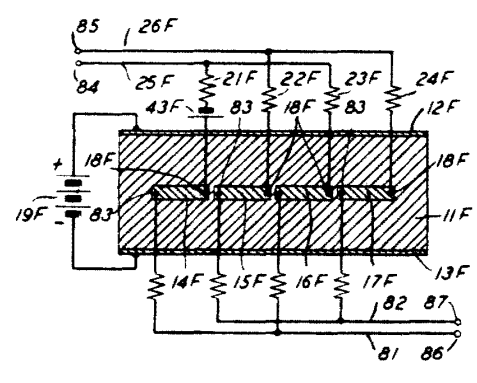


FIG. 9

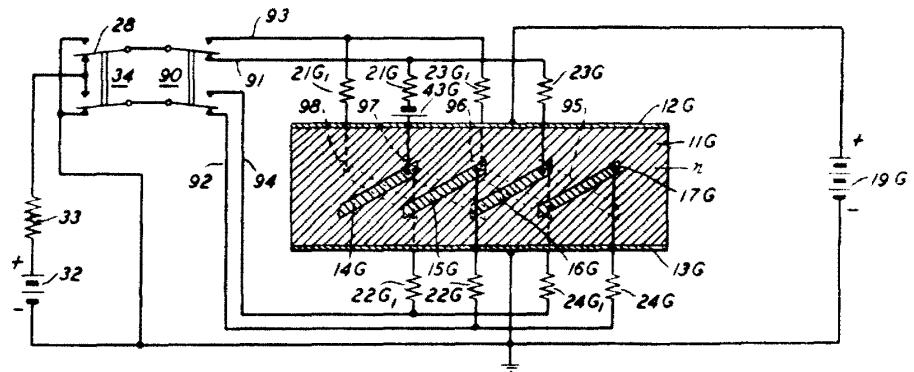
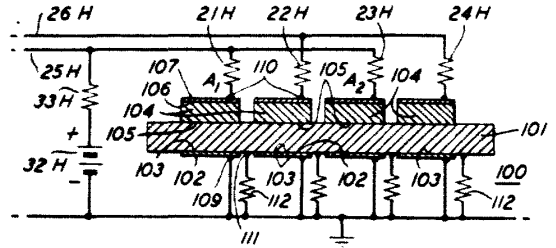


FIG. 10



P.H.
JOSÉ M. BOLÍBAR
P.P.



JUN 1956

229516

FIG. 11

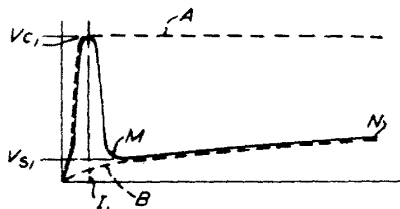


FIG. 12

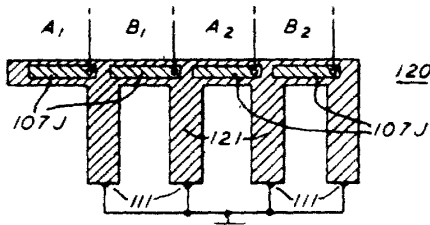


FIG. 13

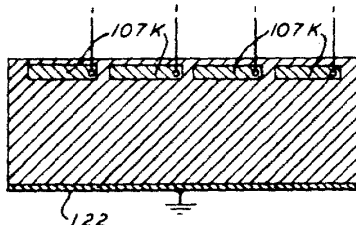
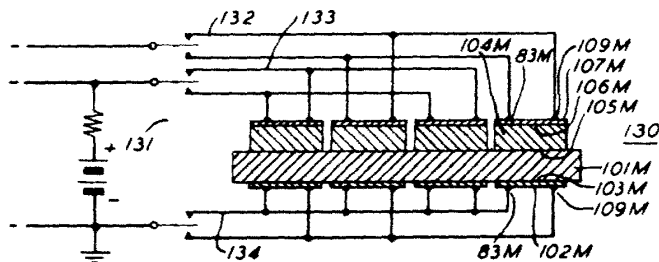


FIG. 14



J. A. JOSEMAN
E. E. I.