



28

P. 7702.-

R.C.A. 31.094.-

28 OCT. 1949

190215

190215

MEMORIA DESCRIPTIVA
 para solicitar
 P A T E N T E D E I N V E N C I O N
 en
 E S P A Ñ A
 por VEINTE años

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

"UN CIRCUITO PARA UN DISPOSITIVO ELECTRICO TRANSISTOR".

- 0 - 0 - 0 - 0 - 0 - 0 - 0 - 0 - 0 - 0 - 0 - 0 - 0 - 0 - 0 - 0 - 0 - 0 -

Este invento se refiere en general a amplificadores del tipo semi-conductor, que tienen al menos tres electrodos y, especialmente, a nuevos métodos y circuitos para hacer funcionar tales amplificadores, que han sido denominados "transistores".

5

En el pasado, se ha intentado muchas veces



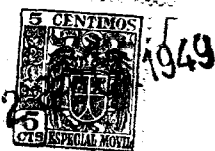
2800

190215

construir un amplificador que no incluya un tubo de vacío. Uno de los amplificadores más recientes de este tipo utiliza un semi-conductor de tres electrodos, y ha sido denominado "transistor".

5 El nuevo amplificador incluye un bloque de un material semi-conductor tal como silicio o germanio que está provisto de dos electrodos puntiformes muy juntos llamados electrodos "emisor" y "colector" en contacto con una región superficial del material, y un electrodo de "base" que proporciona un contacto de gran superficie y de baja resistencia con otra región superficial del semi-conductor. El circuito de entrada del amplificador conocido a que se ha hecho referencia está conectado entre el electrodo emisor y el electrodo de base, al paso que el circuito de salida está conectado entre el electrodo colector y el electrodo de base. El electrodo de base es, por consiguiente, el electrodo común de entrada y salida, y puede ponerse a tierra.

15 El circuito del amplificador semi-conductor de tres electrodos a que antes se ha aludido tiene cierto número de inconvenientes. Por ejemplo, la recuperación de energía es relativamente baja. Además, la impedancia de entrada es del orden de 100 a 500 ohmios, al paso que la impedancia de salida es del orden de 10.000 ohmios o más. Así, se requiere normalmente un transformador de reducción entre pasos sucesivos de un amplificador en cascada que utilice transistores. Tal impedancia de entrada baja es también indeseable puesto que un amplificador debe presentar una carga mínima sustancial sobre cualquier fuente de señales por razones que son bien



190215

conocidas.

Una fuente de polarización está conectada entre el electrodo emisor y el de base para polarizarlos a una polaridad relativamente conductora. Esta es la razón de por qué la impedancia de entrada es baja. Por el contrario, la impedancia de salida es alta porque la señal de salida se deriva entre los electrodos colector y de base, que son polarizados por otra fuente de tensión a una polaridad relativamente no conductora.

El objeto principal del presente invento, por consiguiente, es el de crear un nuevo circuito para un dispositivo del tipo semi-conductor de tres electrodos que tendrá una mayor recuperación de energía que el circuito conocido a que antes se ha hecho referencia, sin requerir la fuente de polarización para proporcionar una apertación adicional de energía de corriente continua.

Otro objeto del invento es el de crear una nueva disposición de circuito para un amplificador semi-conductor de tres electrodos, por la cual la relación de la impedancia de entrada a la impedancia de salida del circuito es la unidad o mayor que la unidad.

Otro objeto del invento es el de crear un nuevo circuito amplificador para y un método de operar un transistor que proporcionará una mayor impedancia de entrada y una mayor recuperación de energía que en el circuito anteriormente conocido.

De acuerdo con el presente invento se ha descubierto que la recuperación de energía de un amplificador



190215

semi-conductor de tres electrodos puede mejorarse considera-
blemente cuando la señal de entrada es conectada de modo
efectivo entre el emisor y los electrodos de base y cuando
el circuito de salida para las señales está conectado de
5 modo efectivo entre los electrodos emisor y colector. El
electrodo emisor puede ser puesto a tierra, y el circuito
de entrada, con preferencia, está conectado en el conductor
de base. Cuando el circuito de entrada y el circuito de
salida de un semi-conductor de tres electrodos están conec-
10 tados de este modo, la corriente de base, es decir, la co-
rriente que fluye al electrodo de base puede mantenerse en
esencia constante en presencia de variaciones en la amplitud
de la tensión del emisor. Esta característica indica una
alta impedancia de entrada. La impedancia de salida, por
15 otra parte, tiene aún un valor del orden de algunos miles
de ohmios de modo que la impedancia de entrada es del mismo
orden de magnitud que la impedancia de salida y, puede ser,
de mayor magnitud.

Los nuevos detalles que se consideran caracte-
20 rísticos de este invento se exponen con particularidad en
las reivindicaciones anejas. El invento mismo, sin embargo,
tanto en cuanto se refiere a su organización como al método
operativo, así como los objetos y ventajas adicionales del
mismo, se comprenderá mejor por la descripción siguiente
25 leída en relación con el dibujo adjunto, en el cual:

La figura 1 es un diagrama de circuito de un
amplificador semi-conductor de tres electrodos conocido;

la figura 2 es un diagrama de circuito de un



190215

amplificador semi-conductor de tres electrodos, que incorpora el presente invento;

las figuras 3 y 4 son gráficos que ilustran las características estáticas y dinámicas del amplificador de la figura 1;

la figura 5 es un gráfico que ilustra las características estática y dinámica del amplificador de la figura 2;

la figura 6 es un diagrama de circuito del circuito amplificador de acuerdo con el invento indicando las intensidades y tensiones existentes con cierto estado de funcionamiento;

las figuras 7 y 8 son diagramas de circuito de modificaciones del circuito amplificador del invento empleando una sola fuente de potencial de funcionamiento para los electrodos de entrada y salida del amplificador; y

las figuras 9 y 10 son una vista en perspectiva y una vista en corte, respectivamente, que muestran variaciones de construcción del dispositivo semi-conductor que tiene ventajas en ciertas aplicaciones del presente invento.

Con referencia ahora al dibujo, en el cual los componentes similares se han designado por los mismos números de referencia, y especialmente a la figura 1, se representa en ella un dispositivo semi-conductor de tres electrodos, ya conocido, dispuesto como amplificador. El amplificador comprende un bloque I de material semi-conductor que puede consistir, por ejemplo en germanio o silicio que contenga un número pequeño, pero suficiente, de centros de



190215

impureza atómica e imperfecciones reticulares, según se emplea comunmente para los mejores resultados en dispositivos semi-conductores (tales como rectificadores de cristal). El germanio es el material preferido para el bloque 1 y, como se explicará luego, puede estar preparado de modo que sea un semi-conductor electrónico del tipo N. La superficie del bloque semi-conductor 1 puede pulirse y corroerse en la forma explicada en el trabajo de Bardeen y Brattain a que se ha hecho referencia. También es factible utilizar el bloque de germanio de un rectificador comercial de germanio de elevada retro-tensión tal como el tipo 1N34. En este caso, puede ser innecesario el tratamiento ulterior de la superficie.

El semi-conductor 1 está provisto de tres electrodos, a saber, el electrodo emisor 2, el electrodo colector 3 y el electrodo de base 4, como se indica en la figura 1. El electrodo emisor 2 y el electrodo colector 3 pueden ser contactos puntiformes que pueden consistir, por ejemplo, en alambres de tungsteno o de bronce fosforoso con un diámetro del orden de 2 a 5 mils. Los electrodos emisor y colector 2, 3 están colocados ordinariamente uno junto al otro y pueden estar separados por una distancia de 2 a 10 mils. El electrodo de base 4 proporciona un contacto de gran superficie y poca resistencia con el material de la masa del semi-conductor 1.

Una fuente de tensión adecuada, tal como la batería 5, está conectada entre el electrodo emisor 2 y el electrodo de base 4 y es de tal polaridad que los



190215

polarice en una dirección o polaridad relativamente con-
ductoras. Por consiguiente, cuando el semi-conductor es
del tipo N, el electrodo emisor 2 debe tener un potencial
positivo con respecto al electrodo de base 4, según se ha
5 ilustrado. Otra fuente de tensión tal como la batería 6
está dispuesta entre el electrodo colector 3 y el electro-
do de base 4 y tiene tal polaridad que los polarice en una
dirección o polaridad relativamente no conductora. Por con-
siguiente, como quiera que se supone un semi-conductor del
10 tipo N para la figura 1, el electrodo colector 3 debe tener
un potencial negativo con respecto al electrodo de base 4.
La fuente de señales de entrada indicada en 8 está conecta-
da en el conductor del emisor, es decir, entre el electrodo
emisor 2 y el electrodo de base 4. La carga de salida R_L
15 indicada por la resistencia 10 está conectada entre el elec-
trodo colector 3 y el electrodo de base 4 y está en serie
con la batería de polarización 6. La señal de salida puede
derivarse a través de la resistencia de carga 10 desde los
terminales de salida 11.

20 Actualmente no es posible dar una teoría
definida que explique todos los detalles del funcionamien-
to del amplificador semi-conductor de tres electrodos. Se
cree, no obstante, que la siguiente explicación será útil
para comprender mejor el presente invento. Un semi-conduc-
25 tor es un material cuya conductividad eléctrica está entre
medias de la conductividad de los buenos conductores y la
de los buenos aisladores. Los materiales que se han usado
ampliamente en los rectificadores de cristal y que se usan



8 OCT. 1948

190215

también en el amplificador semi-conductor de tres electrodos
son de tipo cristalino, consistiendo preferentemente en un
agregado de pequeños cristales. Aunque la conducción en al-
gunos materiales puede ser de naturaleza iónica, en que el
5 movimiento real de átomos cargados eléctricamente represen-
ta el flujo de corriente, el presente invento es de valor
particular en relación con aquellos materiales en los cua-
les los átomos permanecen relativamente fijos al paso que
la conducción tiene lugar por los electrones. Estos últimos
10 materiales se denominan semi-conductores electrónicos. Se
apreciará que los conductores iónicos pueden usarse también
en dispositivos amplificadores de modo que, aunque la dis-
cusión y explicación del funcionamiento quedan limitadas
a la semi-conducción electrónica, del tipo hallado, por
15 ejemplo, en el silicio o el germanio, el invento no ha de
entenderse restringido por esta limitación, salvo en lo que
se defina en las reivindicaciones anejas.

Durante algún tiempo se ha supuesto que hay
dos tipos de semi-conductores electrónicos, uno llamado el
20 tipo N (tipo negativo) al paso que el otro es llamado tipo
P (tipo positivo). El semi conductor del tipo N se compor-
ta como si en él hubiera presente un número limitado de
cargas negativas libres o electrones que conducen la co-
rriente algo similarmente a la forma en la cual tiene lugar
la conducción de la corriente en un metal. Tal material, en
25 una red cristalina bien ordenada, no podría esperarse que
tuviera muchos electrones libres. Se supone, por tanto, que
los electrones libres que explican la conducción son donados



190215

por impurezas o imperfecciones reticulares que pueden denominarse "donadores". Así, en un cristal de silicio del tipo N que es un semi-conductor, el donador puede consistir en pequeñas impurezas de fósforo. Como quiera que el silicio tiene cuatro electrones de valencia y el fósforo cinco, el electrón de valencia en exceso del átomo de fósforo ocasional no es requerido para la unión tetraédrica con los átomos de silicio adyacentes del cristal y por tanto está libre para moverse. La corriente en un semi-conductor del tipo N, por consiguiente, fluye como si fuera llevada por cargas negativas (electrones).

En el semi-conductor del tipo P, la conducción de la corriente parece tener lugar como si las portadoras fueran cargas positivas. Esto se cree que es debido a la presencia de impurezas que aceptarán un electrón procedente de un átomo del semi-conductor. Así, un cristal de silicio del tipo P puede contener unos pocos átomos de boro que actúan como "aceptadores". Como quiera que el boro sólo tiene tres electrones de valencia, aceptará un electrón procedente de un átomo de silicio para completar la unión atómica. Por consiguiente, hay un "agujero" en la estructura cristalina que podría ser considerado como una carga positiva virtual. Bajo la influencia de un campo eléctrico externo, el agujero o los agujeros se desplazarán en la dirección en que lo haría una carga positiva.

Si se hacen dos contactos a un semi-conductor electrónico del tipo N o P, y si estos conductores son de material similar y de igual superficie, una tensión comunicada



190215

conducirá a un paso de corriente de aproximadamente la misma magnitud con cualquier polaridad de tensión. Sin embargo, de ordinario se comprobará que hay una relación no lineal entre intensidad y tensión, a medida que la última aumenta.

5 Este efecto no lineal se explicó primero diciendo que era el resultado de la perturbación de los niveles internos de energía electrónica de la red del cristal debido al contacto metálico que, se decía, producía una llamada capa de barrera o curva de energía. Pudo demostrarse que, con un

10 cristal del tipo N, un potencial positivo creciente sobre el contacto metálico causaba un cambio en la curva de la capa de barrera en tal dirección como para impedir que los electrones fluyeran con relativa libertad dentro del metal. Un contacto metálico con un potencial negativo, sin

15 embargo, alteraría el campo de modo que repeliara los electrones de conducción interna, y el único flujo de corriente sería debido entonces al escape de electrones desde el metal por encima de la curva de energía de la capa de barrera; este flujo de corriente sería muy pequeño. La explicación

20 fué suficiente para explicar grasso modo los fenómenos observados así como los del material del tipo P, en el cual los efectos son similares con polaridad opuesta del metal de contacto. Aunque, como se ha indicado, hay un efecto hipotético de rectificación en el contacto con el material

25 de tipo N o del tipo P, los dos contactos iguales anularán este efecto y el flujo de corriente es independiente de la polaridad y relativamente pequeño.

En el rectificador real de dos electrodos



190215

(diódo de cristal) un contacto se hace a la masa de cristal y es de superficie tan grande que su resistencia es en extremo pequeña para cualquier dirección de paso de la corriente. Así los efectos no lineales de este contacto de gran superficie no son de mucha importancia en comparación con aquéllos del segundo contacto, que es de superficie muy pequeña (tal como la de un alambre que tenga una punta aguda). De este modo la capa de barrera hipotética en la superficie del cristal cerca del contacto de pequeña superficie puede causar una rectificación real. Como ya se ha indicado, tal dispositivo con superficie de contacto desigual hecho de un semi-conductor del tipo N, conducirá fácilmente cuando el contacto de pequeña superficie sea positivo con polaridad y es relativamente no conductor cuando el contacto de pequeña superficie sea negativo. Para un rectificador de dos electrodos hecho de un material del tipo P, la situación es la inversa.

En el amplificador semi-conductor de tres electrodos, se hace un contacto de gran superficie a la masa de cristal y dos contactos de menor superficie uno cerca de otro sobre una superficie del cristal. Hay ahora dos posibles capas de barrera pero, lo que es más importante, se cree que la corriente puede fluir ahora desde un contacto de pequeña superficie al otro en una forma que requiere una explicación mucho más completa del efecto de capa de barrera que la que suponía la presencia solamente del contacto metálico. Esto se discutirá luego en relación con el material del tipo N, pero ha de entenderse que efectos análogos pueden ocurrir con material del tipo P por inversión apropiada de potenciales justamente como en el caso



190215

del rectificador.

Las propiedades amplificadoras, recientemente descubiertas, del semi-conductor de tres electrodos, pueden explicarse extendiendo la anterior teoría como sigue: supóngase que el cristal de germanio o silicio usado en el dispositivo es un semi-conductor del tipo N en toda su masa. Sin embargo, se cree ahora que una capa superficial muy delgada del cristal, íntimamente relacionada con el denominado efecto de capa de barrera antes mencionado, puede comportarse como un semi-conductor del tipo P. Esta delgada capa del tipo P, esto es, la conducción de "agujero", puede ser causada por una diferencia química o física en el comportamiento de las impurezas sobre la superficie del cristal, o puede ser causada por un cambio en los niveles de energía de los átomos superficiales debido a la discontinuidad de la estructura cristalina en la superficie. En cualquier caso, un exceso de agujeros es creado en esta capa superficial del semi-conductor.

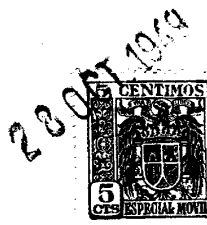
Incluso en el rectificador, la nueva hipótesis vale, puesto que la original sin la suposición de la capa P fracasaba en explicar la ausencia de diferencia en rectificación entre contactos metálicos de grande y pequeña fracción de trabajo y conducía también a predicciones de una mayor resistencia en la dirección de conducción de rectificadores que la observada realmente. La anterior explicación de rectificadores se ha modificado ahora suponiendo la presencia de esta capa superficial P sobre el cristal y además parece ahora posible que la capa de barrera rectificadora



190215

5 exista cerca de la región superficial en el límite de P a N. Así, las diferencias de las funciones de trabajo de puntas metálicas desempeñan un papel despreciable en la rectificación, y la superficie de barrera relativamente más grande, ahora supuesta, explica la baja resistencia del cristal en la dirección conductora. Además, se cree ahora que la conducción cerca del contacto puntiforme es del tipo de "agujero" o de carga positiva virtual mientras que dentro del cristal es del tipo de electrones, o de carga negativa. Para el amplificador semi-conductor de tres electrodos, que se discute, esta nueva teoría es muy importante puesto que la conducta del amplificador es gobernada principalmente por la corriente de "agujeros" en la superficie del cristal entre los dos contactos puntiformes.

15 Como quiera que el contacto puntiforme 2 (de la figura 1) conocido como electrodo emisor, está polarizado positivamente con respecto al cristal 1, tiene lugar fácilmente la conducción a través de la capa de barrera al electrodo de base 4, con cargas positivas virtuales o de "agujero" moviéndose en la capa superficial del cristal, mientras los electrones llevan la corriente en el interior del cristal. Sin embargo, como quiera que un contacto puntiforme colector o electrodo 3 próximo, a un potencial negativo, causará un campo superficial y atraerá los "agujeros" positivos, los "agujeros" no sólo fluirán dentro o a través de la capa de barrera del cristal, sino que también fluirán directamente desde el electrodo emisor 2 al electrodo colector 3 a lo largo de la superficie. La capa de barrera del electrodo



190215

colector impediría normalmente la corriente a menos que estos "agujeros" sean proporcionados por el emisor. El cambio de la tensión entre el electrodo emisor 2 y la masa del cristal 1 aumentará o disminuirá la corriente del emisor disponible para el flujo en la capa superficial del tipo P al electrodo colector 3.

El circuito de transistor de la figura 1 tiene una impedancia de entrada muy baja y una baja recuperación de energía. De acuerdo con el presente invento, se ha descubierto que puede crearse un circuito amplificador muy perfeccionado para un semi-conductor de tres electrodos si la fuente de entrada de señales 8 se conecta en el conductor de base como se representa en la figura 2. En este caso, la señal de entrada, como en la figura 1, es comunicada de modo efectivo entre el electrodo de base 4 y el electrodo emisor 2. Sin embargo, el circuito de salida de señal, 10, está conectado de modo efectivo entre el electrodo colector 3 y el electrodo emisor 2. El circuito de la figura 2 puede proporcionar una impedancia de entrada mucho más alta y una recuperación de energía mayor que el circuito de la figura 1 según la técnica anterior. Esto se explicará con más detalle en relación con las figuras 3 a 5 a las cuales se hará ahora referencia.

Como se ha representado en la figura 1, V_e designa la tensión en el emisor y V_c la tensión del colector. Además, I_e designa la intensidad del emisor e I_c la intensidad del colector. En la figura 3, la intensidad del colector I_c en miliamperios (ma) que se ha representado a lo largo de la



190215

ordenada está trazada en función de la tensión del colector V_c en voltios, que se representa a lo largo de la abscisa. Los datos trazados en la figura 3, al igual que en las figuras 4 y 5, pueden obtenerse de las curvas de características de un transistor particular conocido del tipo a que antes se ha hecho referencia, y son cualitativamente similares a otras unidades amplificadoras del mismo tipo. Una familia de curvas se representa en la figura 3 para varios valores de la tensión del emisor V_e , indicando la característica estática del semi-conductor de tres electrodos. La curva de trazos 20 indica la línea de carga que da la característica dinámica para una carga de salida R_L de 2.000 ohmios y para una tensión de corriente continua V_{cc} en el colector de -10 voltios. Esta línea de carga se eligió sólo con fines de ilustración y pueden usarse otras impedancias de carga en su lugar en la práctica real.

La figura 4 ilustra la corriente del emisor I_e en ma de la ordenada trazada en función de la tensión V_e del emisor en voltios de la abscisa. La familia de curvas representada en la figura 4 ilustra diversos valores de la tensión V_c del colector y muestra las curvas intensidad de entrada-tensión de entrada para el circuito de la figura 1. La curva de trazos 21 representa la característica dinámica para la carga de salida ilustrativa R_L de 2.000 ohmios con una tensión aplicada de corriente continua V_{cc} de -10 voltios en el circuito del colector. La pendiente de la característica dinámica 21 indica muy baja resistencia de entrada para el circuito de la figura 1, de aproximadamente



190215

100 a 200 ohmios, con la carga de salida conectada, que es algo mayor de lo que sería con V_c fija, esto es, sin carga de salida.

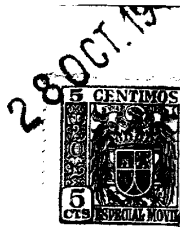
5 La figura 5 ilustra la corriente de base trazada en función de la tensión V_c del emisor que se representa a lo largo de la abscisa. La corriente de base se representa en ma a lo largo de la ordenada y se obtiene sustrayendo la intensidad del emisor I_e de la intensidad del colector I_c . En realidad, una intensidad $I_e - I_c$ fluye desde el electrodo de base 4 como se ha representado en

10 la figura 1, de modo que la intensidad $I_c - I_e$ que se ha trazado en la figura 5 puede ser considerada el negativo de la corriente de base. Por consiguiente, una pendiente positiva de cualquiera de la familia de curvas, que están trazadas para diferentes tensiones del colector, representa

15 una resistencia de entrada negativa. Por el contrario, una pendiente negativa de las curvas indica una resistencia de entrada positiva. La curva de trazos 22 muestra de nuevo la característica dinámica para la resistencia de carga ilustrativa de 2.000 ohmios, R_L , y una tensión de corriente

20 continua de la batería, V_{cc} , de -10 voltios en el circuito del colector. Se comprenderá que las curvas de la figura 5 representan las condiciones de funcionamiento del circuito de la figura 2 que incorpora el presente invento.

25 Se observará que la característica dinámica 22 de la figura 5 tiene una porción virtualmente plana que indica una elevada resistencia de entrada. Si las condiciones de funcionamiento del circuito de la figura 2



190215

se eligen debidamente, la impedancia de entrada puede aproximarse al infinito para una pequeña señal de entrada o incluso puede hacerse negativa. Cuando la impedancia de entrada del circuito de la figura 2 se aproxima al infinito, es debido al hecho de que un cambio de la intensidad I_c del colector, debido a una variación de la tensión entre el electrodo emisor 2 y el electrodo de base 4, puede hacerse muy aproximadamente igual al cambio simultáneo en la intensidad del emisor I_e . Aunque el electrodo de base 4 puede atraer corriente continua, el cambio neto en la intensidad de base puede ser, por consiguiente, cero. Este es justamente otro modo de decir que la impedancia de entrada puede aproximarse al infinito, y en tal caso la recuperación de energía sería también infinita puesto que no se requiere aportación de energía para dar una señal de salida.

Valores ilustrativos para las tensiones de colector y emisor y para las intensidades de colector y emisor así como para la intensidad de base pueden obtenerse de las figuras 3 a 5 y se dan en la Tabla I que sigue para el mismo ejemplo usando una resistencia de carga de 2.000 ohmios.

Tabla I

Voltios V_e	Voltios V_c	mA I_e	mA I_c	mA $I_c - I_e$
0.1	-6.5	0.15	1.7	1.55
0.2	-5.6	0.4	2.15	1.75
0.3	-4.6	0.9	2.7	1.8
0.4	-3.3	1.7	3.3	1.6
0.5	-2.8	2.4	3.6	1.2



190215

Si suponemos una polarización fija de corriente continua $V_e = 0.3$ voltios y con una oscilación predeterminada de corriente alterna en torno de este punto de polarización, las energías de salida y entrada para los circuitos de las figuras 1 y 2 pueden determinarse de las intersecciones de la línea de carga 20 con las curvas características y de las curvas dinámicas 21 y 22 de las figuras 3 a 5. Estos datos están tabulados en lo que sigue en la tabla II para la resistencia de carga ilustrativa $R_L = 2.000$ ohmios, $V_e = 0.3$ voltios y $V_{co} = -10$ voltios. La tabla da además la energía de entrada y salida en milivatios (mw), la impedancia de entrada y la recuperación de energía.

Tabla II

Circuito	Entrada c.a. cresta (vol- tios)	Entrada energía de entrada (mw)	Impedancia de entrada (ohmios)	Salida energía de energía (mw)	Recuperación de energía
Figura 1	0.1	0.03	150	0.3	10
Figura 1	0.2	0.12	180	0.9	8
Figura 2	0.1	0.004	1300	0.3	75
Figura 2	0.2	0.02	1100	0.9	45

Se verá que, para una oscilación de cresta de 0.1 voltios, la entrada de energía para el circuito convencional de la figura 1 es de 0.03 mw y la energía de salida es de 0.3 mw, indicando una recuperación de energía de 10. Si la amplitud de la señal de entrada aumenta, la recuperación de energía se reduce ligeramente. La tabla II da asimismo los valores correspondientes para el circuito de la figura 2 que incorpora el presente invento. Se ve que la energía de salida queda en esencia la misma porque V_e es pequeña en comparación con V_{co} de modo que las curvas de las



190215

2

5

10

15

figuras 3 y 4 pueden usarse en aproximación cercana. Sin embargo, debido a una energía de entrada considerablemente menor requerida para el circuito de la figura 2, la recuperación de energía es más de 7 veces mayor que la del circuito convencional de la figura 1. Si se elige la tensión óptima de polarización V_e , puede obtenerse una recuperación de energía aun mayor incluso aproximándose al infinito cuando la resistencia de entrada es infinita. La comparación entre los rendimientos de los circuitos de las figuras 1 y 2 se ha hecho sobre la base de los mismos datos para ilustración solamente. Por supuesto que ha de entenderse que pueden obtenerse recuperaciones de energía mucho mayores con el circuito de la figura 2, incluso con impedancia de entrada infinita, si se usan semi-conductores que tengan un rendimiento mejor.

20

25

La figura 6 ilustra el circuito de la figura 2 usando las condiciones ilustrativas de funcionamiento que pueden obtenerse de la Tabla I. Así, $V_e = +0.3$ voltios y $V_c = -4.6$ voltios, siendo ambas tensiones tomadas con respecto al electrodo de base 4. Por consiguiente, si el electrodo emisor está a potencial de tierra, el electrodo de base 4 tiene una tensión de corriente continua de -0.3 voltios con respecto a tierra o el electrodo emisor 2, al paso que el electrodo colector 3 tiene una tensión de corriente continua de -4.9 voltios con respecto a tierra. La corriente de base $I_c - I_e = 1.8$ ma como se representa en el punto 16 de la figura 5. La intensidad del colector $I_c = 2.7$ ma (véase punto 17 de la figura 3) y, por consiguiente, la co-



190215

5
10
15
20
25

riente del emisor $I_e = 0.9$ ma (véase punto 18 de la figura 4). La corriente de base influye al través del circuito de entrada de señales 8 donde, si existe resistencia a la corriente continua, determinará una caída de tensión IR que debe considerarse de modo que la tensión de polarización de corriente continua entre el electrodo de base 4 y el electrodo emisor 2 quede a -0.3 voltios. Análogamente, incluso si la carga del colector o circuito de salida de señales 10 no es una simple resistencia sino que contiene impedancia reactiva, las condiciones de funcionamiento requerirán todavía una tensión de polarización de corriente continua de -4.6 voltios entre el electrodo colector 3 y el electrodo de base 4 e -4.9 voltios entre el electrodo colector 3 y el electrodo emisor 2, como se indica en la figura 6. La fuente de tensión 5 debe desarrollar, por consiguiente, una tensión tal que exista la tensión de polarización correcta entre el electrodo de base 4 y el electrodo emisor 2. En ciertas condiciones de funcionamiento, es factible que la polaridad de la fuente de tensión 5 pueda tener que invertirse a fin de comunicar la tensión de polarización negativa correcta de corriente continua al electrodo de base 4. Incluso a veces puede requerirse una tensión de polarización positiva para el electrodo de base 4. La fuente de tensión 6 debe ser de tal magnitud y polaridad que comunique la tensión requerida de polarización de corriente continua al electrodo colector 3.

Se verá que, en las condiciones de funcionamiento de la figura 6, una resistencia de 167 ohmios en serie



190215

con el circuito 8 de entrada de las señales proporcionará la polarización correcta para el electrodo de base 4 de modo que puede prescindirse de la fuente de tensión 5 ya que fluye en el conductor de base una corriente considerable. Esto se re-
5 presenta en la figura 7, donde 25 indica una resistencia de polarización en el conductor de base que puede estar derivada para las corrientes a la frecuencia de las señales por el condensador 26.

La figura 8 ilustra un amplificador semi-conductor
10 de tres electrodos que incluye una red de polarización modificada 27 de acuerdo con el invento. La red de polarización 27 comprende la bobina de choque 28 y la resistencia variable 30 que shuntan el circuito 8 de entrada de las señales. El condensador de bloqueo 31 se dispone entre el circuito 8 de en-
15 trada de las señales y el electrodo de base 4, de modo que la corriente continua de base fluirá a través de la bobina de choque 28 y de la resistencia 30. La bobina de choque 28 representa una gran impedancia a la frecuencia de la señal de entrada. También es factible shuntar la bobina de choque 28
20 por un condensador 32 que puede ser variable como se ha representado y puede resonar con la bobina 28 para aumentar la impedancia del circuito 28, 32 a las corrientes de la frecuencia de las señales. La resistencia a la corriente continua de la bobina de choque 28 añadida a la resistencia de 30
25 puede ascender a 167 ohmios para las condiciones de funcionamiento indicadas en la figura 6.

Ha de entenderse que las redes de polarización 25, 26 o 27 se representan a modo de ejemplo solamente y que



1944
190215

5 pueden usarse en su lugar otras redes de polarización. Además, la resistencia de carga, las intensidades y las tensiones de polarización particulares se usaron solamente con fines de ilustración y no son necesariamente valores óptimos o preferidos. También ha de entenderse que, en las figuras 7 y 8, la posición correcta de funcionamiento se comprueba fácilmente por variación de las resistencias 25 o 30, respectivamente. En algunos casos, estas pueden ventajosamente hacerse cero o infinitas, correspondiendo respectivamente a polarizaciones muy bajas o a una polarización suficiente para dar corriente continua cero en el electrodo de base 4. Ha de observarse que las condiciones que conducen a corriente continua cero en el electrodo de base no dan por resultado de ordinario impedancia de entrada infinita.

10
15 El presente invento es aplicable directamente a un dispositivo amplificador semi-conductor que tiene dos electrodos puntiformes adyacentes de pequeña superficie como antes se ha descrito, pero también es de valor en variaciones de estos dispositivos en los cuales, por ejemplo, 20 los dos contactos denominados electrodo emisor y electrodo colector tienen áreas de contacto considerablemente diferentes. En general, desde luego, tales dispositivos tendrán un contacto de gran superficie con el material semi-conductor que se denomina aquí el electrodo de base, y al menos dos contactos 25 de menor superficie; los últimos, sin embargo, pueden diferir considerablemente entre sí en forma, superficie de contacto y configuración a fin de obtener amplificación aumentada o disipación de energía incrementada. Como otro ejemplo, el



280

190215

contacto denominado electrodo emisor o el llamado electrodo
colector, o ambos, pueden consistir en un agregado de puntas
de contacto. Así, en la figura 9 se representa un amplifica-
dor semi-conductor de particulares ventajas para el presen-
5 te invento. En este dispositivo, un grupo de tres contactos
puntiformes 35 se representa rodeando un cuarto contacto
central 3 dispuesto sobre el semi-conductor 1 que tiene un
electrodo de base 4. Los tres contactos exteriores 35 están
conectados entre sí por conductores 36 y se emplean como elec-
10 trodo emisor combinado y el contacto puntiforme central 3
es el electrodo colector. Esto se muestra para ilustrar
una variación ventajosa pero, por supuesto, se podría usar
también un grupo de más de tres contactos puntiformes para
el emisor. Los contactos puntiformes 3 y 35 pueden consistir
15 en alambre con un diámetro de 2 a 5 mils. y una extremidad
afinada, como se representa.

Alternativamente un contacto 37 en forma de
cilindro hueco con un diámetro interior de 5 a 10 mils. a
través de cuyo centro está colocado un contacto puntiforme
20 puede usarse como los dos contactos de pequeña superficie
tal como se ha representado en la figura 10. Aunque represen-
tados con el electrodo emisor 37 como el mayor de los dos
contactos de menor superficie, lo cual se cree es especial-
mente ventajoso con el presente invento, los dispositivos
25 de las figuras 9 y 10 pueden usarse también con estos elec-
trodos intercambiados. En todavía otra variación, que se ha
comprobado posee ventajas, los contactos de menor superficie
pueden evaporarse dentro de la superficie del cristal en



190215

varias formas.

También se consideran variaciones en las cuales se usan más de dos contactos de pequeña superficie; los contactos en exceso de los dos discutidos en la presente solicitud y denominados electrodo emisor y electrodo colector se usarán entonces como electrodos auxiliares polarizados a tal potencial que se mejore el rendimiento del dispositivo como amplificador. A todos estos amplificadores semi-conductores es aplicable el presente invento conectando la señal de entrada y su circuito asociado entre el electrodo de base que es el contacto de superficie relativamente grande y el electrodo que sirve como emisor principal, al paso que, en contraposición con la técnica anterior, el circuito de salida de las señales u otros medios de utilización están conectados entre el electrodo que sirve como colector y este emisor principal. La aplicación de potenciales adecuados de corriente continua a estos electrodos básicos se hace, por ejemplo, de acuerdo con las figuras y los diagramas representadas en el dibujo, al paso que los electrodos auxiliares adicionales pueden tener potenciales adicionales comunicados a los mismos por medios familiares y bien conocidos en la técnica.

Así, se ha descrito un nuevo circuito amplificador para un semi-conductor de tres electrodos que mejora considerablemente la recuperación de energía del dispositivo cuando se le hace funcionar como amplificador. Además, la impedancia de entrada puede aumentarse considerablemente de modo que las impedancias de entrada y salida del amplificador sean del mismo orden de magnitud, lo cual reducirá mucho



la dificultad con que se tropieza con el circuito de la técnica anterior cuando varios amplificadores están conectados en cascada. La impedancia de entrada incrementada y la recuperación de energía aumentada se obtienen sin necesidad de añadir elementos de circuito o de aumentar el consumo de corriente del amplificador. Además, una de las baterías de polarización del circuito puede reemplazarse por una red de polarización lo que simplifica todavía el amplificador.

Esta solicitud que corresponde a la presentada en los Estados Unidos de América, el 30 de diciembre de 1948, bajo el número 68.347, se acoge a los beneficios del artículo 51 del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.

- O - N O T A - O -

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

1ª. - Un circuito para un dispositivo eléctrico que incluye un material semi-conductor que tiene un primer electrodo de superficie relativamente grande conectado al mismo y al menos otros dos electrodos de área menor que dicho primer electrodo conectados a dicho material,



190215

comprendiendo dicho circuito una fuente de energía dispuesta en asociación con dichos electrodos para excitar dicho dispositivo, medios para conectar una señal de entrada alterna entre dicho primer electrodo y uno de dichos otros electrodos para comunicar una tensión de entrada a los mismos, y
5 medios para conectar una red de utilización entre dos de dichos electrodos para derivar una tensión alterna de salida que es mayor que dicha tensión de entrada.

2º. - Un circuito según se reivindica en el
10 punto 1º, en el cual la fuente de energía asociada con dichos electrodos está dispuesta para suministrar potenciales de funcionamiento de corriente continua entre dicho primer electrodo y dichos otros electrodos de tal magnitud y polaridad que la impedancia de dicho dispositivo entre dicho primer
15 electrodo y uno de dichos otros electrodos es al menos tan grande como la impedancia de dicho dispositivo entre dos de dichos otros electrodos.

3º. - Un circuito según se reivindica en el
20 punto 1º, en el cual dichos otros dos electrodos comprenden segundo y tercero electrodos que son sucesivamente de menor superficie, y en el cual dicha fuente de tensión alterna de entrada está conectada entre dichos primero y dicho segundo electrodos para comunicar a los mismos dicha tensión de
25 entrada.

4º. - Un circuito para un dispositivo eléctrico asimétrico que incluye un material semi-conductor que tiene un electrodo de superficie relativamente grande conectado al mismo, comprendiendo dicho circuito un primer

28 OCT 1949



190215

grupo de contactos de superficie relativamente pequeña dis-
puestos sobre dicho material, estando dicho primer grupo de
contactos conectados entre sí, un segundo grupo de contactos
de superficie relativamente pequeña dispuestos sobre dicho
5 material, estando dicho segundo grupo de contactos conectados
entre sí, una fuente de energía dispuesta y asociada con di-
chos contactos y dicho electrodo para excitar dicho disposi-
tivo, una fuente de señales conectada entre dicho electrodo
y dicho primer grupo de contactos, y una red de salida de
10 señales conectada entre dichos grupos de contactos.

5º. - Un circuito según se reivindica en el
punto 4º, en el cual una fuente de tensión alterna de entra-
da está conectada entre dicho electrodo y dicho primer grupo
de contactos, y en el cual dicha red de salida de señales
15 está conectada entre dichos grupos de contactos para derivar
una tensión alterna amplificada de salida.

6º. - Un circuito según se reivindica en el
punto 1º, en el cual una fuente de energía está dispuesta
para comunicar un primer potencial entre un primer electrodo
de superficie máxima y un segundo electrodo de superficie
20 contiguamente máxima y para comunicar un segundo potencial
entre dicho segundo electrodo y un tercer electrodo de super-
ficie todavía menor, y en el cual dichos medios de control
para comunicar las señales están dispuestos para variar di-
25 cho primer potencial en un porcentaje relativamente pequeño,
con lo cual la variación de dicho primer potencial determina
que el flujo de corriente entre dichos primero y segundo elec-
trodos quede esencialmente constante mientras hace que el



190215

flujo de corriente entre dichos segundo y tercero electrodos varía en una cantidad sustancial.

7º. - Un circuito según se reivindica en el punto 1º, en el cual el material semi-conductor tiene un electrodo emisor y uno colector dispuestos uno junto a otro sobre una región superficial de dicho material y un electrodo de base dispuesto sobre otra región superficial de dicho material, y en el cual dicho circuito incluye una fuente de potencial para polarizar dichos electrodos de base y emisor en una polaridad relativamente conductora y para polarizar dicho electrodo de base y dicho electrodo colector en una polaridad relativamente no conductora, un circuito de entrada de señal conectado de modo efectivo a dicha base, y un circuito de salida de señal conectado de modo efectivo a dicho electrodo colector, siendo dicho electrodo emisor común a dichos circuitos de entrada y salida.

8º. - Un circuito según se reivindica en el punto 7º, en el cual se dispone una fuente de tensión entre dichos electrodos de base y colector para polarizarlos en dicha polaridad relativamente no conductora.

9º. - Un circuito según se reivindica en los puntos 7º y 8º, en el cual dichos primeros medios de polarización comprenden una red de impedancia dispuesta entre dichos electrodos de base y emisor para polarizarlos en dicha polaridad relativamente conductora.

10º. - Un circuito según se reivindica en los puntos 8º o 9º, en el cual dicho circuito de entrada de señales está conectado en serie con dichos primeros medios de



28

polarización, o en serie con dicha red de polarización, entre dichos electrodos de base y emisor.

5 11^o. - Un circuito según se reivindica en el punto 10^o, en el cual un circuito de salida de señal está conectado en serie con dicha fuente de tensión entre dichos electrodos emisor y colector.

10 12^o. - Un circuito según se reivindica en cualquiera de los puntos anteriores, en el cual dicho material semi-conductor es del tipo electrónico y, particularmente, del tipo "N".

15 13^o. - Un circuito según se reivindica en el punto 11^o, o en los puntos 11^o y 12^o, en el cual se dispone una conexión a dicho electrodo emisor, para mantenerlo virtualmente a potencial fijo, y en el cual un circuito de entrada está conectado en paralelo con dicha red de impedancia entre dichos electrodo emisor y de base para comunicar la señal de entrada a dicho electrodo de base, incluyendo dicha red un elemento que tiene una gran impedancia para dicha señal de entrada.

20 14^o. - Un circuito según se reivindica en el punto 7^o, en el cual dicho electrodo emisor está conectado con un punto de potencial relativamente fijo, y en el cual dicho circuito de entrada de señales está conectado entre dicho electrodo de base y dicho punto de potencial relativamente fijo, y dicho circuito de salida de señales está
25 conectado entre dicho electrodo colector y dicho punto de potencial relativamente fijo.



289

190215

15^a. - Un circuito para un dispositivo eléctrico transistor.

Tal y como se ha descrito en la Memoria que antecede, representado en el dibujo que se acompaña y con los fines que se han especificado.

Esta Memoria consta de veintinueve hojas escritas por una sola cara.

Madrid, 28 OCT. 1949

P. A.

Alberto de Elzaburu
Pdr. Electr

190215

28



Fig. 1

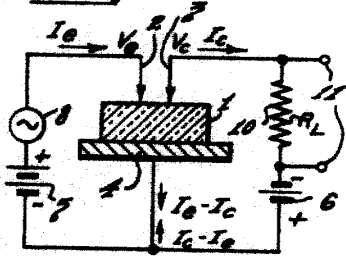


Fig. 2

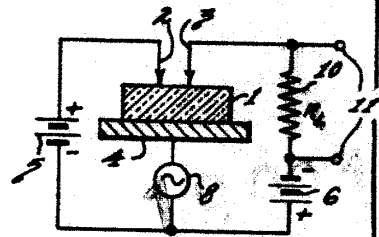


Fig. 9

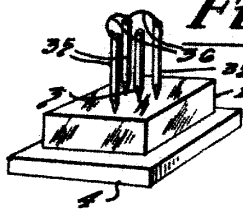


Fig. 3

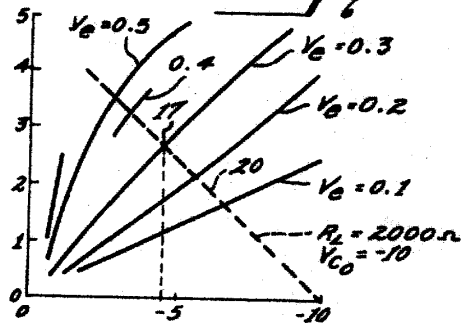


Fig. 4

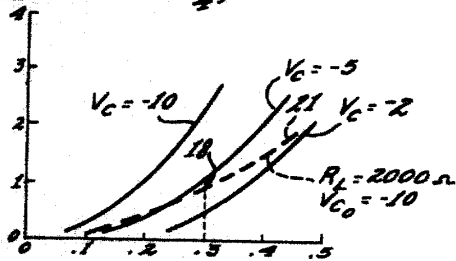


Fig. 10

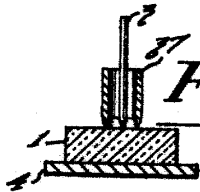


Fig. 5

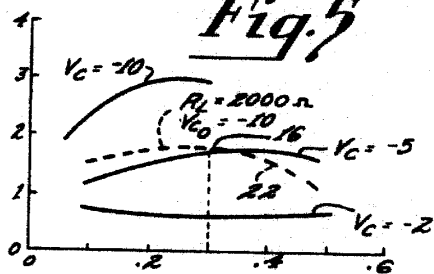


Fig. 6

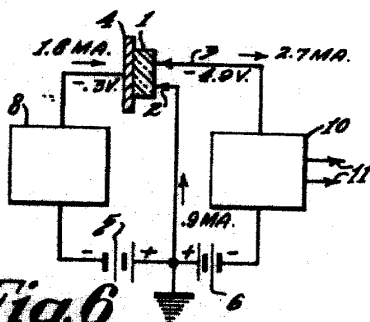


Fig. 7

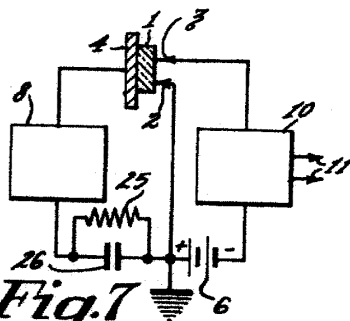
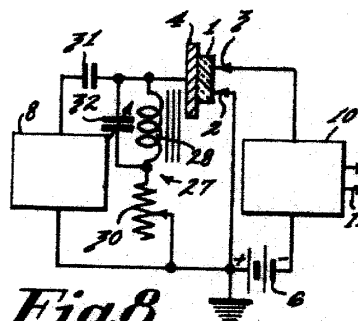


Fig. 8



Alberto de Azaburu
 P. A.
 P. A.