

mc/

Caso R.L. Wallece Jr. 16

209506



221

209506

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 traslator de señales "

-----:oOo:-----

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

Este invento se refiere a aparatos traslatores de  
señales de material semiconductor, y más concretamente a los  
conocidos por transistores. Tiene por principal objeto ex-

209506



tender la escala de frecuencias de funcionamiento de tales aparatos.

En general, un transistor comprende un cuerpo de material semiconductor con tres conexiones, llamadas emisor, colector y base. En un modo de funcionamiento, se imprimen señales entre el emisor y la base, y aparecen reproducciones amplificadas de ellas en un circuito de carga conectado entre el colector y la base. Los aparatos pueden ser de cualquiera de varios tipos específicamente distintos. En uno de ellos, del cual son ejemplo los aparatos reseñados en la patente de los Estados Unidos nº 2.524.035, las conexiones del emisor y del colector son contactos de punta. En otro, que comprende los aparatos descritos en un artículo de Shockley, Pearson y Haynes, publicado en "Bell System Technical Journal", julio 1949, páginas 435 y siguientes, y en la patente de los Estados Unidos nº 2.569.347, el emisor, el colector o ambos comprenden un empalme entre dos zonas de tipo de conductividad opuesto en el cuerpo semiconductor. Tal empalme suele designarse por empalme PN (o NP), y así se denominará en esta memoria.

El funcionamiento de un transistor implica, en general, inyectar en el cuerpo o en una zona del mismo, y en el emisor, portadores de carga de signo opuesto al de los portadores normalmente en exceso en el cuerpo o zona, y dirigir los portadores hacia el colector.

Este invento se comprenderá y apreciará mejor considerando algunos principios relevantes relativos al funcionamiento de traslatores semiconductores. En general, los semiconductores, ya elementales, como germanio y silicio, ya compuestos, como el óxido de cobre, pueden



209506

clasificarse por el tipo de conductividad N o P; el material de tipo N es aquel que, asociado a una conexión metálica, muestra baja impedancia al paso de la corriente cuando es negativo respecto a la conexión, y elevada impedancia cuando es positivo; el material de tipo P, por el contrario, ofrece baja impedancia si es positivo respecto a la conexión y elevada impedancia si es negativo. Cuando se polariza en la dirección de fácil paso de corriente un empalme entre una conexión y un semiconductor, o entre dos semiconductores de tipos opuestos de conductividad, se dice que está orientado o polarizado en la dirección de avance; si se polariza de modo que oponga gran impedancia, se dice que está orientado o polarizado en dirección regresiva;

La conducción en semiconductores del tipo habitualmente empleado, por ejemplo, semiconductores extrínsecos, se produce en virtud ya de cargas negativas, o sea electrones, ya de cargas virtualmente positivas o "vacancias" (huecos), de las cuales, unas están normalmente en exceso sobre las otras en el material semiconductor. Específicamente, en semiconductores de tipo N, los portadores normalmente en exceso son electrones, y la conducción se efectúa por movimiento de éstos; en material de tipo P, las vacancias suelen estar en exceso, y la conducción resulta de su movimiento. El portador de carga normalmente en exceso está relacionado con la clase de impurezas activas o influyentes excesivas en el material semiconductor. En particular, las impurezas donadoras proporcionan electrones en exceso, mientras que las impurezas aceptadoras dan huecos en exceso. Según es sabido, el número de centros de impurezas en exceso determina la conductividad del material, que aumenta con la proporción de impurezas.

209506

22



Los transistores designados por NPN (o PNP) poseen varias propiedades de interés para aplicaciones en circuitos de muchas clases; entre ellas se cuentan un factor de perturbación relativamente bajo, ausencia de inestabilidad por corto circuito, gran incremento de potencia, escasa disipación interna de potencia, ausencia de ruidos microfónicos, elevado efecto útil, excelente capacidad de uso de la potencia, posibilidad de operar con un consumo interno de fuerza sumamente reducido, y con generadores de polarización muy pequeñas, solidez y poco volumen. Para muchas aplicaciones, dos características especialmente importantes de estos transistores consisten en que sus factores de multiplicación de corriente son muy poco inferiores a la unidad, y en que sus resistencias de colector son elevadas. Sus características se han descrito ampliamente en un artículo de R.L. Wallace, jr., y W.J. Pietenpol, publicado en "Bell System Technical Journal", julio 1951, vol. 30, página 530.

Los transistores han encontrado aplicación en circuitos de conmutación, circuitos de audiofrecuencia, y circuitos de radiofrecuencia relativamente baja; pero hasta ahora se ha visto limitado su uso con frecuencias radiofónicas muy altas por dos principales razones: primera, una relativa pesadez de movimiento de los portadores de carga desde el emisor al colector, al menos comparada con la gran rapidez de los electrones en una válvula termiónica, y que se manifiesta por un retardo de la señal de salida frente a la señal de entrada, lo cual da ocasión a lo que se conoce por efectos de "tiempo de tránsito", sumamente pronunciados y por ello graves en transistores de los de empalme interno; segunda, la llamada resistencia de base

209506



5  $r_b$  del transistor es en muchos aspectos una cualidad molesta, y se han hecho varias tentativas para reducirla. En general, la resistencia de base de un transistor con empalme, fabricado conforme a la mejor técnica disponible, es del orden de 1000 ohms., o sea varias veces mayor que la resistencia de base de un transistor típico de contacto. Una resistencia de base elevada restringe seriamente el límite superior de frecuencia para un funcionamiento satisfactorio, especialmente cuando el factor de multiplicación de corriente  $\alpha$  se acerca a la unidad, como ocurre por lo común en transistores de empalme.

10 Por tanto, un objeto más específico del presente invento es reducir la resistencia de base de los transistores en general y de los transistores de empalme en particular.

15 En uno de sus aspectos, el invento proporciona un transistor de estructura intermedia entre el transistor de empalme de la patente de los Estados Unidos nº 2.569.347 y el transistor de contacto puntiforme de la patente de los Estados Unidos nº 2.524.035, y que conserva las características favorables ya mencionadas del transistor de empalme, combinadas con la resistencia de base y el tiempo de tránsito del transistor de contacto de punta. Esta estructura intermedia se consigue por medio de una reducción múltiple en el área de sección transversal del empalme del emisor, del empalme del colector, o de ambos, con lo que se reduce la porción activa del empalme a una superficie tan pequeña que viene a constituir realmente un punto, lo que le confiere las características de un contacto puntiforme.

20

25

30 La superficie de uno de los empalmes internos de un transistor NPN de los tipos ya conocidos es del orden de un



209506

milímetro cuadrado. De conformidad con el presente invento, esta superficie se reduce a  $0,001 \text{ mm}^2$ , aproximadamente. Además, vigilando bien el proceso de reducción de superficie, el área que queda activa se limita a aquella parte del área primitiva situada más cerca de la conexión de base del transistor, lo cual significa que la resistencia de base de éste se reduce considerablemente en magnitud.

5

La superficie de empalme se puede reducir por medio de un nuevo procedimiento de ataque químico, que sustrae material de la zona del emisor o de la del colector, o de ambas, junto al empalme. Esto constituye otra ventaja incidental, ya que se reducen asimismo las capacitancias de entrada y salida del transistor, que dependen principalmente de los empalmes del emisor y del colector.

10

15

En otro aspecto, el invento utiliza un electrodo auxiliar de base colocado frente al principal. Se funda en el descubrimiento de que, con un potencial de magnitud y signo adecuado entre estos dos electrodos de base, el cual dá origen a una corriente transversal por la zona de base del transistor, se reduce la resistencia de base, y acaso también el tiempo de tránsito de cargas inyectadas a través de la zona de base. La diferencia de potencial auxiliar transversalmente a la zona de base se combina con la diferencia de potencial inferior que normalmente existe entre la conexión normal de base y la conexión del emisor para inactivar la mayor parte de la superficie del empalme del emisor, dejando sólo una parte relativamente pequeña de la superficie activa como emisor. Dado que este residuo activo se halla contiguo a la conexión normal de base, se reduce considerablemente la resistencia efectiva de base del transistor en conjunto.

20

25

30

209506

22



Esta restricción eléctrica de la superficie activa del empalme del emisor puede completar la limitación física resultante, por ejemplo, del ataque químico; o también es posible aplicarla independientemente.

5 La diferencia auxiliar de potencial y la corriente transversal no afectan sensiblemente el empalme del colector ni reducen la capacidad de entrada a través del empalme del emisor, sinó que más bien la aumentan algo, y se ha comprobado, además, que ocasionan un aumento de quince  
10 veces en el límite de alta frecuencia de un amplificador transistor, y se han resistido auto-oscilaciones con un transistor construído y polarizado de acuerdo con el invento y conectado como elemento de un circuito recto de oscilador a frecuencias no menores de 65 megaciclos por segundo.  
15 do.

Como medida adicional, el tiempo de tránsito de cargas móviles desde la superficie activa residual del empalme del emisor, a través de la zona de base hacia el empalme del colector, puede reducirse más aún aplicando un  
20 campo magnético en una dirección perpendicular a la línea que une el emisor al colector y a la corriente que circula por la zona de base entre el electrodo principal y el auxiliar. El campo magnético sirve para producir una desviación con efecto de Hall en la corriente de la zona de base  
25 auxiliar hacia el empalme del colector, acelerando así el transporte de cargas móviles originadas en el empalme del emisor al contacto del colector.

El invento se comprenderá mejor por la siguiente descripción detallada de formas preferidas de ejecución del mismo, con referencia a los planos adjuntos, en los cuales  
30 indican:

209506



5 La figura 1, un transistor de empalme NPN, al que se ha agregado un electrodo auxiliar de base, y en el cual se han reducido físicamente las superficies de los empalmes del emisor y del colector, de acuerdo con un aspecto del invento y del aparato para efectuar tal reducción.

La figura 2, un transistor construido con el aparato de la figura 1 y conectado para funcionar como traslator, de conformidad con el invento.

10 La figura 3, un transistor convencional de empalme NPN, al que se ha agregado un electrodo auxiliar de base polarizado para funcionar como aparato traslator.

La figura 4, la distribución de potencial a lo largo de un empalme de emisor, con y sin la polarización del invento.

15 La figura 5, un conjunto de curvas que muestran la variación del factor de multiplicación de la corriente y de la relación entre tensiones de salida y entrada, con aplicación del invento y sin ella.

20 La figura 6, el traslator de la figura 3, con realimentación de frecuencia controlada desde su entrada a su salida, y que sirve como autooscilador.

La figura 7, un transistor de empalme simple, provisto de un electrodo auxiliar de base y con la polarización de base a base conforme al invento.

25 La figura 8, una variante de la construcción del transistor de la figura 3.

La figura 9, la distribución radial de potencial a lo largo del empalme de emisor del transistor de la figura 7; y

30 La figura 10, una modificación de la figura 3, con aplicación de un campo magnético auxiliar.



209506

En los planos, la figura 1 muestra un transistor de empalme NPN. Consta de una zona emisora -1- y otra zona colectora -2-, cada una de material de tipo N, y una zona intermedia de base -3-, de material de tipo P. Una cara de este transistor, la inferior en el dibujo, se cubre primero con una capa protectora -4- de goma laca, cera, laca, barniz, etc., mientras que otra cara por ejemplo, la superior en el dibujo, se deja sin cubrir. Está provisto de las conexiones corrientes de emisor y de colector a las zonas -5-, -6- de tipo N; y la conexión normal de base -7- a la zona intermedia de tipo P. Además, lleva una conexión auxiliar de base -8- a la zona intermedia -3-, y un generador de impulsos -9- está conectado entre la conexión auxiliar de base -8- y la conexión del emisor -5- o la del colector, o ambas; el terminal negativo del generador -9- está conectado a la zona intermedia de base -3-, y el positivo a una de las zonas -1-, -2- o a ambas. (En el caso de un transistor PNP, cuyas zonas extremas sean de material de tipo P, con la zona intermedia de tipo N, se invierte la polaridad del generador de impulsos). El transistor está sumergido en un baño -10- de electrólito líquido, con preferencia ácido, aunque sirve también un electrólito alcalino. La aplicación de la tensión del generador -9- vá eliminando el material semiconductor de las regiones -11-, -12- de la zona o zonas extremas contiguas a los empalmes o barreras -13-, -14-; el proceso comienza por la parte libre del transistor, y se interna progresivamente en el cuerpo. Si se desea atacar el material sólo de un lado, se ha de aplicar a los otros tres lados una capa protectora. Si se prefiere, es posible atacar químicamente por tres lados, protegiendo sólo uno. Cualquier generador o manantial de co-

209506



5 rriente puede utilizarse en principio, pero en la práctica se prefiere un generador de impulsos, porque suministra corriente intensa y alta tensión durante intervalos breves, y así acelera el ataque químico, sin calentar demasiado el transistor ni la solución de ácidos. El proceso se interrumpe cuando sólo queda una fracción de la superficie primitiva de empalme. A causa de diferencias entre las características del material de las dos zonas extremas, el proceso puede desarrollarse más o menos rápidamente para un empalme que para el otro. Con objeto de igualar las superficies de empalme remanentes, o de regularlas por separado, se disponen conmutadores particulares -15-, -16- a fin de ajustar la duración de las respectivas operaciones.

15 Comenzando con un elemento de circuito tan diminuto como el transistor de empalme NPN, queda evidentemente limitada la extensión en que las superficies activas de los empalmes pueden reducirse de esta manera. Se ha reducido así de  $1 \text{ mm}^2$ . aproximadamente a  $0,1 \text{ mm}^2$ . De conformidad con el segundo aspecto del invento, puede conseguirse otra

20 reducción considerable de la superficie eléctricamente activa del empalme de emisor conectando una batería de polarización -20-, adecuadamente orientada, entre el electrodo principal de base -7- y el auxiliar -8-, como indica la figura 2. Con un transistor de empalme NPN convencional, la

25 zona emisora -1- está normalmente polarizada en sentido negativo con respecto a la zona central de base -3- en  $1/10$  de voltio, por ejemplo, mediante una batería -21-, mientras que la zona colectora -2- suele estar polarizada positivamente con relación a la referida zona en unos 20 voltios, por

30 medio de una batería -22-. Con esta construcción, se ha comprobado que la aplicación de una tensión negativa de unos

209506



2 volts a la conexión auxiliar de base -8- produce notables resultados. (En la figura 2, como en otras siguientes, si se invierten los tipos de conductividad de las tres zonas, por ejemplo, en un transistor PNP, han de invertirse asimismo los signos de todas las baterías de polarización, sin alterar sus magnitudes).

Aunque los resultados notables que se han de describir se logran con el aparato de la figura 2, pueden conseguirse también en su mayor parte con un transistor NPN de configuración corriente, como el representado en la figura 3, con zonas de emisor y colector de tipo N provistas de conexiones de emisor y colector, y con una zona intermedia de base de tipo P, si bien a ésta se ha agregado la conexión auxiliar de base frente a la principal, polarizada negativamente respecto a ella en unos 2 volts. Cada uno de estos elementos llevan números de referencia iguales que los concordantes de la figura 2.

Con la aplicación a las conexiones normales de emisor, base y colector, de polarizaciones de los signos y magnitudes que se acaban de describir, y que pueden derivarse de baterías y llevarlas a los electrodos del transistor a través de resistencias  $R_g$  y  $R_L$ , respectivamente, y como indica la curva  $V_{j10}$  de la figura 4, donde las abscisas representan la longitud del empalme de emisor, medida desde la conexión normal de base a la conexión auxiliar, existe una caída de potencial de 1/10 volt aproximadamente a través del empalme de emisor -13- en todas sus partes. La resistencia de base de la conexión normal, determinada por medidas exteriores, puede considerarse como el promedio de un número grande de resistencias, cada una de las cuales conecta la conexión normal de base a la parte de la zona P inter-

209506

22 M



media -3- más próxima a una parte del empalme de emisor -13-. Algunas partes de esta zona P están cerca de la conexión normal de base -7-, y por eso son pequeñas sus resistencias, en tanto que otras se hallan más distantes y presentan por ello resistencias mayores.

5

10

15

20

25

30

Quando se aplica una tensión negativa de 2 volts. poco más o menos, desde la batería -20-, por ejemplo, entre la conexión normal de base -7- y la auxiliar -8-, la caída de potencial a través del empalme de emisor -13- varía progresivamente en una dirección transversal al transistor o paralela a la del curso de la corriente a través de la zona central, como indica la curva  $V_{j1b}$  de la figura 4. En particular, aunque la diferencia de potencial entre la zona emisora -1- y la zona central -3- es, como antes, de 0,1 volt. hacia adelante, cerca de la superficie inferior del transistor de la figura 3 y de la conexión normal de base -7-; es en cambio de 1,9 volts. en sentido contrario, cerca de su superficie superior y junto a la conexión auxiliar de base -8-, y varía progresivamente de uno de estos valores al otro en toda la longitud del empalme de emisor -13-, hasta alcanzar el valor cero en un punto situado a  $1/20$  de esta distancia desde la superficie inferior. Es bien sabido que para la inyección de carga en el sentido del transistor, la zona emisora -1- debe polarizarse hacia adelante con respecto a la zona de base -3-. Como ahora sólo está polarizado en esta dirección un 5% de la superficie del empalme de emisor -13-, y 95% lo está en sentido opuesto, es razonable suponer que la acción emisora se halla limitada a aquella pequeña fracción, o sea a 5% del empalme de emisor -13-, que está polarizada así hacia delante.

Esta superficie activa residual del empalme de

209506

22



53

emisor está sumamente próxima a la conexión de base, y, sin inclinarnos necesariamente a cualquier teoría particular sobre funcionamiento, parece que esta proximidad entre la parte activa del empalme de emisor y la conexión de base puede ser en cierto modo la causa de la considerable reducción observada en la resistencia efectiva de base del nuevo transistor. En particular, mientras que los transistores de empalme conocidos tienen resistencias de base del orden de 1000 ohms, la resistencia de base de un transistor como el de la figura 3, aún a frecuencias muy elevadas, ha resultado ser no mayor de 10 ohms.

La importancia que para el funcionamiento a elevada frecuencia tiene una reducción de la resistencia de base, conseguida mermando por vía mecánica o química la sección transversal del empalme de emisor -13- del transistor, como en el caso de las figuras 1 o 2, o por medio de una caída auxiliar de corriente y de tensión a lo largo de la zona intermedia de base -3-, y transversalmente al transistor, o de ambas maneras, puede apreciarse por las siguientes consideraciones.

Con referencia al artículo antes mencionado de R.L. Wallace, jr., y W.J. Pietenpol, publicado en "Bell System Technical Journal", julio 1951, la ecuación -17- de la página 544 expresa la relación entre la tensión de salida de un transistor de empalme y su tensión de entrada, así:

$$\frac{V_2}{V_g} = \frac{\alpha R_L}{(r_e + r_b + R_g) \left(1 + \frac{R_L}{r_c}\right) - \alpha r_b} \quad (1),$$

30

donde  $V_2$  es la tensión de salida tal como aparece a tra-

22 M  
209506



5 vés de la carga;  $V_g$ , la tensión del generador propulsor;  
 $R_L$ , la resistencia de la carga;  $r_e$ , la resistencia del  
emisor;  $r_b$ , la resistencia de base;  $r_c$  la resistencia del  
colector;  $R_g$ , la resistencia de origen fuera del transis-  
tor, y  $\alpha$ , el factor de multiplicación de corriente del  
aparato.

10 A causa de efectos de tiempo de tránsito, la  
señal de salida del transistor se retrasa algo con respec-  
to a su señal de entrada. Esta demora, que no se advierte  
a frecuencias bajas, se hace importante a frecuencias ele-  
vadas, y puede achacarse a un componente reactivo en el  
factor  $\alpha$  de multiplicación de corriente. En particular,  
si  $\alpha_0$  es el valor de baja frecuencia de  $\alpha$ , y  $f_{c\alpha}$  la fre-  
cuencia a la cual la magnitud de  $\alpha$  queda reducida a  $\frac{\alpha_0}{\sqrt{2}}$ ,  
15 el valor de  $\alpha$  para cualquier frecuencia particular  $f$  viene  
dado con bastante aproximación por

$$\alpha(f) = \frac{\alpha_0}{1 + j \frac{f}{f_{c\alpha}}} \quad (2).$$

20

Con el fin de concretar, supongamos un transistor  
en el que  $r_e = 25$  ohms.,  $r_b = 1.000$  ohms.,  $r_c = 10^7$  ohms.,  
 $\alpha_0 = 0,99$ , y  $f_{c\alpha} = 2,10^7$  ciclos por segundo, que ha de em-  
plearse como traslator de los de base a tierra, entre un ge-  
nerador cuya resistencia  $R_g$  es de 25 ohms y una carga  $R_L$  de  
25 500 ohms. La carga se ha tomado muy pequeña en comparación  
con la resistencia del colector, de acuerdo con la prácti-  
ca corriente. Esto sirve para evitar que los efectos de  
la capacitancia del colector limiten el funcionamiento a  
30 elevada frecuencia.

209506

22



Como en este ejemplo  $\frac{R_L}{r_c} \ll 1$ , la ecuación (1) se convierte en

$$\frac{V_2}{V_g} = \frac{\alpha R_L}{r_e + R_g + (1 - \alpha) r_b} \quad (3).$$

5

Si se introduce (2) en (3), el resultado es

$$\frac{V_2}{V_g} = \frac{\alpha_o R_L}{[r_e + R_g + (1 - \alpha_o) r_b] + j \frac{f}{f_{c\alpha}} [r_e + R_g + r_b]} \quad (4),$$

10

que puede escribirse de esta otra manera:

$$\frac{V_2}{V_g} = \frac{\alpha_o R_L}{\sqrt{[r_e + R_g + (1 - \alpha_o) r_b]^2 + \left(\frac{f}{f_{c\alpha}}\right)^2 [r_e + R_g + r_b]^2}} e^{-j\varphi} \quad (5),$$

15

donde

$$\varphi = \tan^{-1} \frac{\frac{f}{f_{c\alpha}} (r_e + R_g + r_b)}{r_e + R_g + (1 - \alpha_o) r_b} \quad (6).$$

20

Por ahora no nos interesa el ángulo de fase  $\varphi$ .  
 Tratándose de un amplificador conectado en tándem, no suele  
 tener importancia; en el caso de un oscilador, si bien puede  
 ser de interés vital este ángulo entre la salida y la entrada,  
 la demora de fase puede compensarse insertando en el  
 curso de retroactivación un desvío complementario de fase,  
 como explica la patente de los Estados Unidos de A.J.Rack,  
 nº 2.556.296, otorgada el 12 junio 1951.

25

30

Lo que importa realmente es la magnitud de la

209506

22 M



relación entre las tensiones de salida y de entrada, según se expresa en (4) o en (5). Es una sencilla cuestión de recurso algebraico demostrar que la frecuencia a la cual está relación desciende a 70,7% de su valor de baja frecuencia, o sea a unos 3 decibels, se relaciona con la frecuencia  $f_{c\alpha}$  de corte de  $\alpha$  mediante la ecuación

$$\frac{f}{f_{c\alpha}} = \frac{r_e + R_g + (1 - \alpha_0)r_b}{r_e + R_g + r_b} \quad (7).$$

10

En otras palabras, la frecuencia  $f$  es aquella a la cual la tangente del ángulo de fase  $\varphi$ , dada por (6), es igual a la unidad.

Insertando en (7) los valores numéricos elegidos, se tiene

15

$$\frac{f}{f_{c\alpha}} = 0.0572 \quad (8),$$

lo que indica una grave restricción del límite superior de frecuencia para un funcionamiento satisfactorio. Sin embargo, como queda explicado, la adición de la conexión auxiliar de base, y la aplicación de la polarización de base a base, reducen la resistencia de base a unos 10 ohms. Sustituyendo el valor de 10 ohms para  $r_b$ , en lugar del valor 1000 ohms en (7), sin otra alteración, resulta

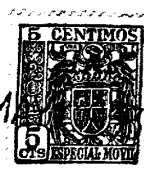
25

$$\frac{f}{f_{c\alpha}} = 0.835 \quad (9).$$

30

Si se introduce en (8) y en (9) el valor de  $f_{c\alpha}$

209506



antes indicado, resulta, para el transistor NPN convencional, un límite superior de frecuencia de 1,14 megaciclos por segundo, y para el transistor del invento, un límite superior de frecuencia de 16,7 megaciclos por segundo. Esto representa una mejora de 15 a 1.

En el precedente análisis, el valor a baja frecuencia del factor  $\alpha_0$  de multiplicación de corriente se ha supuesto constante. Las medidas registradas hasta ahora indican que esto no es rigurosamente cierto, y que la corriente transversal de base a base, además de ocasionar una reducción en la resistencia de base, como queda explicado, reduce asimismo algo el valor de  $\alpha_0$ , lo que a su vez, como es natural, disminuye la ganancia a baja frecuencia del amplificador transistor en 2 o 3 decibels. Para funcionamiento a elevada frecuencia, esto constituye realmente una ventaja, como puede apreciarse por (7), que muestra que una reducción de  $\alpha_0$  se traduce en un aumento de la magnitud de  $\frac{f}{f_{c\alpha}}$ . En las curvas de la figura 5 que ilustran estos resultados, la curva A indica la variación de  $\alpha$  con la frecuencia para un transistor de empalme NPN, antes de aplicar la polarización de base a base conforme al invento; su valor de baja frecuencia  $\alpha_0$  es ligeramente menor que la unidad. Comenzando a una frecuencia aproximada de 3 megaciclos por segundo, comienza a perder amplitud, y se reduce a 70% de la primitiva a 20 megaciclos por segundo. La curva B muestra la variación correspondiente de la relación de tensiones expresada por (1). Con una magnitud inicial de 8,0 a frecuencias bajas, empieza a descender hacia 0,3 megaciclos por segundo, y cae a 70% de su valor de baja frecuencia a poco más de un megaciclo por segundo, para seguir descendiendo luego con un declive aproximado de 6 decibels por



209506

octava.

La curva C denota la variación de frecuencia de  $\alpha$  para el transistor de empalme que lleva agregado el contacto auxiliar de base, con la tensión y la corriente transversal de base a base; puede expresarse por  $\alpha'$ . Su valor de baja frecuencia  $\alpha'_0$  es inferior al primitivo  $\alpha_0$ , pero sigue igual tendencia, y desciende a 70% de su valor de baja frecuencia a 20 megaciclos por segundo.

La curva D indica la variación de frecuencia de la relación de tensiones que expresan (4) o (5), y muestra la considerable mejora obtenida por la práctica del invento. Mientras que su valor a baja frecuencia es de 6,5 aproximadamente, contra 8,0 de la curva B, no comienza a descender hasta que se alcanza una frecuencia de alrededor de 5 megaciclos por segundo, y cae a 70% de su valor de baja frecuencia a la de 16,7 megaciclos por segundo.

Esta frecuencia, a la cual baja la curva D a 70% de su valor de baja frecuencia, se denomina "límite" de alta frecuencia del amplificador, que comprende el transistor perfeccionado como elemento activo. La relación de 70% es conveniente para fines de computación, pero no indica por eso que el transistor no funcione a frecuencias más altas. Por el contrario, con una ganancia suficientemente grande a frecuencias bajas, conservando un 70% de esta notable amplificación a 20 megaciclos por segundo, y con una merma de ganancia a frecuencias aún más elevadas, a razón de unos 6 decibels por octava, puede quedar muy bien una amplificación substancial varias octavas por encima de esta frecuencia límite. Así se ha confirmado experimentalmente.

Un modo conveniente de conseguir la confirmación experimental categórica de que los límites del funcionamien-

209506



to a elevada frecuencia han aumentado considerablemente con la práctica del invento, es proporcionar energía regresiva desde la conexión del colector como electrodo de salida a la conexión del emisor como electrodo de entrada, y observar como se producen autooscilaciones sostenidas. La figura 6 representa un transistor conforme al invento, conectado a modo de oscilador. La frecuencia se determina mediante un circuito paralelo de resonancia que comprende el arrollamiento primario -25- de un transformador -26- y un condensador -27- conectado desde la conexión -6- del colector a tierra. Una fracción de la tensión desarrollada a través de este circuito sintonizado se toma de una derivación intermedia -28- del arrollamiento primario -25-, y se aplica por intermedio de un condensador -29- a la conexión del emisor -5-. El condensador -29- sirve en parte como aparato de adelanto de fase, para compensar el retraso de fase en el transistor por obra del efecto de tiempo de tránsito. Se aplica una polarización de avance de alrededor de 0,1 volt desde la conexión normal de base -7-, que puede estar a tierra, hasta la conexión -4- del emisor, derivándola, por ejemplo, de una batería de 10 volts o alrededor, tensión que se reduce a 0,1 volt por medio de una resistencia -30-. La polarización de 2 volts con signo apropiado para el electrodo auxiliar de base -8- puede derivarse muy bien de la batería de polarización -21- del emisor, y disminuirse a 2 volts con ayuda de otra resistencia -31-. La polarización de funcionamiento se aplica, por ejemplo, desde una batería -22- al circuito de oscilador, de cualquier modo apropiado, que puede ser valiéndose del arrollamiento primario -25-.

El análisis que antecede de los efectos de la polarización de base a base para reducir la superficie efecti-

209506<sup>22</sup>MAY



5 va del empalme de emisor, y con ello la resistencia de base del transistor, tiene validez para un empalme de emisor de cualquier tamaño, grande o pequeño, incluyendo el que ya se haya reducido físicamente en sus dimensiones por el ataque químico descrito al comentar la figura 1. Aunque la superficie del empalme se puede reducir por separado, físicamente por corrosión o de modo efectivo por la aplicación de la polarización de base a base, es preferible emplear ambos recursos, reduciendo físicamente en lo posible ambos empalmes y haciéndola más intensa esta reducción por medio de la polarización. Lo primero ofrece ventajas en cuanto a reducción de las capacidades de entrada y salida, y lo segundo permite disminuir todavía más la superficie efectiva del empalme de emisor, que supera con mucho la que es posible lograr por medios físicos, como el ataque con ácidos u otros procedimientos conocidos.

15 Aunque se considera que el invento es particularmente aplicable a transistores NPN (o PNP), no se limita exclusivamente a ellos. La figura 7 muestra su aplicación a un transistor de empalme simple, que comprende dos zonas contiguas, la primera -41- de tipo N, y la segunda -42- de tipo P. La conexión al emisor se establece por medio del empalme -43- entre ambas zonas, y la conexión al colector, por medio de un contacto puntiforme -44-. El electrodo normal de base -47- está conectado a la zona de tipo P, con preferencia junto al empalme -43-, en tanto que la conexión auxiliar de base -48- se halla unida de manera análoga a la zona de tipo P, junto al empalme, pero al otro lado de la conexión principal -48-. Esta construcción sacrifica la ventaja que puede obtenerse empleando un transistor de empalme doble, puesto que tiene que pasar bastante más corrien-

22 MA



5 te a través de la zona -42- de tipo P, a causa de la tensión de polarización de base a base, a fin de conseguir una distribución de potencial, a lo largo del empalme, del tipo descrito anteriormente, en el que la mayor parte de la superficie del empalme queda inactiva, dejando sólo una pequeña fracción de ella junto al contacto normal de base, que funciona como emisor.

10 La figura 8 muestra otro ejemplo de construcción como variante o alternativa de la figura 3, de la que difiere principalmente en que los electrodos de base se disponen rodeando uno a otro, a fin de que pase corriente de base a base a través de la zona intermedia en una dirección radial. La figura representa un transistor de empalme NPN, que comprende una zona emisora -51- u otra colectora -52-, las cuales pueden ser de material de tipo N, con una zona intermedia de base -53- de material tipo P. Un agujero axil practicado por taladro u otro procedimiento atraviesa el extremo de la zona emisora -51-, el empalme de emisor -63- y parte del cuerpo de la zona -53- de tipo P, a la que se conecta un primer contacto de base -57-, a ser posible con resistencia óhmica. El agujero axil puede presentar un amplio ángulo cónico, según se indica, como medida de precaución, aunque esto no tiene importancia desde el punto de vista del funcionamiento del aparato ya terminado. Conviene, sin embargo, que el diámetro del orificio, por donde penetra en el empalme de emisor -63-, sea sólo muy poco mayor que el de la propia conexión de base -57-.

25 Se disponen conexiones -55-, -56- de emisor y colector, con los extremos de las zonas -51- y -52- de tipo N, por ejemplo, galvanizando del modo usual. Además, se establece una conexión auxiliar de base -58- con la perife-

30

22 MAY



2 9506

ria de la zona intermedia de tipo P, y mejor con todos sus lados.

5 Las conexiones exteriores, incluyendo el generador de baterías de polarización y la carga, pueden ser las mismas ya descritas anteriormente, con iguales números de referencia.

10 En esta forma de construcción, la corriente de la batería -20- de polarización de base a base circula radialmente desde el electrodo central de base -57- al electrodo periférico -58- en todas direcciones. En consecuencia, esta corriente presenta su máxima densidad junto al centro de la zona intermedia -53- de tipo P, y su mínima densidad en su periferia, y produce una distribución de potencial, como se expone en la figura 9, con una variación o gradiente de máxima inclinación junto al electrodo central de base -57-. En virtud de los principios desarrollados anteriormente con relación a la figura 4, se ha de entender que estando la zona emisora -51- polarizada ligeramente en sentido de avance, por ejemplo, en 0,1 volt, y  
15 estando el electrodo auxiliar de base -58- polarizado en sentido negativo con relación al electrodo principal -57-, en unos 2 volts (o positivamente, en un transistor PNP), la mayor parte del empalme de emisor -63- queda inactivada, y lo único que permanece activo como inyector de cargas es  
20 un anillo de muy pequeña anchura que rodea inmediatamente el electrodo central de base -57-. Además, esta superficie diminuta está contigua al electrodo principal de base -57-, sin necesidad de una tensión de polarización de base a base tan grande como la que haría falta si hubiera de continuar  
25 el mismo declive pronunciado por toda la distancia radial desde el electrodo principal de base -57- al electrodo auxiliar -58-.

22 MA



209506

Todavía se mejora más el límite de alta frecuencia de un transistor NPN agregándose un campo magnético perpendicular a su cara, del modo expuesto en la figura 8. Como la corriente de polarización de base a base, circula por el lado del transistor, se puede desviar en la dirección del empalme de colector aplicando un campo magnético derivado, por ejemplo, de un núcleo de hierro -70- provisto de un arrollamiento -71- excitado por una batería -72-. El campo debe ser perpendicular a la dirección de la corriente de polarización y también a la línea que une la conexión -5- del emisor a la conexión -6- del colector. Tal desviación de esta corriente se traduce en una reducción del tiempo de tránsito de las cargas móviles inyectadas en la superficie activa residual del empalme de emisor -13-, que de otro modo sólo llegaría al empalme de colector -14- por el proceso de difusión, acelerado por cualquier influencia desconocida a que pueda estar sujeta la polarización de base a base en el período de tránsito. Se ha observado un aumento material en el límite de alta frecuencia del transistor, conseguido por este medio, lo que se atribuye a una reducción del tiempo de tránsito de las cargas móviles a través de la zona intermedia por efecto de tal desviación.

El aparato de la figura 10 se presta para servir de modulador del tiempo de tránsito, y aplicando el generador modulador de tensión -73- a un arrollamiento suplementario -74- dispuesto en el núcleo magnético se modifica la desviación con efecto de Hall y, en consecuencia, el tiempo de tránsito de las cargas móviles a través de la zona intermedia.

209506

- 24 -



-----: N O T A : 209506

Se reivindica como objeto de esta patente:

5 1.- Aparato traslator de señales con un cuerpo de material semiconductor que tiene, por lo menos, dos zonas, primera y segunda, con tipos opuestos de conductividad, una superficie limitante en la primera zona, y otra en la segunda, contigua a la anterior; una conexión de emisor con la primera zona, una conexión de colector con el cuerpo, 10 y una conexión normal de base con la segunda zona; caracterizado porque el área efectiva de contacto de dichas zonas es pequeña en comparación con el área media de la sección transversal del cuerpo, perpendicular a la dirección de mayor caudal de corriente.

15 2.- Aparato según la reivindicación 1, caracterizado porque dichas superficies están separadas una de otra en la mayor parte de sus áreas respectivas.

20 3.- Aparato según la reivindicación 1, caracterizado por una ranura practicada en el cuerpo por el límite entre ambas zonas.

4.- Aparato según las reivindicaciones 2 o 3, caracterizado porque las dos zonas están unidas una a otra, únicamente junto a la conexión de base.

25 5.- Aparato según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por disponerse medios para producir una variación o gradiente de potencial en la segunda zona, siguiendo la superficie de límite, de modo que las cargas de la conexión de emisor a la conexión de base, atraviesen solamente una pequeña porción de estas superficies, situada junto a la conexión de base. 30

6.- Aparato según la reivindicación 5, caracte-

22 MAY



209506

5 rizado porque el gradiente de potencial se aplica a la segunda zona por medio de un generador de tensión conectado entre la conexión normal de base y una conexión auxiliar de base a la segunda zona, estando ambas conexiones situadas en lados opuestos de la segunda zona.

10 7.- Aparato según la reivindicación 6, en el que el cuerpo comprende una tercera zona contigua a la segunda, y del mismo tipo de conductividad que la primera zona; la conexión del emisor tiene una ligera polarización para determinar la conducción hacia adelante; la conexión del colector se halla en la tercera zona y tiene una polarización grande a fin de conducir en la dirección opuesta, caracterizado porque la conexión auxiliar de base tiene una polarización de la misma polaridad que la conexión de emisor, con respecto  
15 a la conexión normal de base.

8.- Aparato según la reivindicación 7, caracterizado porque la polarización de la conexión auxiliar de base es superior en magnitud a la del emisor, y menor que la del colector.

20 9.- Aparato según las reivindicaciones 7 u 8, caracterizado porque las conexiones de emisor y de colector están separadas a lo largo de una primera línea, y las dos conexiones de base lo están a lo largo de otra línea substancialmente perpendicular a la primera.

25 10.- Aparato según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por dispositivos para aplicar un campo magnético a la segunda zona, y porque la dirección de este campo magnético es tal que desvía las cargas hacia la conexión normal de base.

30 11.- Aparato según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque la conexión normal



22 M

209506

de base llega a la segunda zona a través de una ranura o hueco de la primera zona.

5 12.- Aparato según la reivindicación 11, caracterizado porque la primera zona tiene la forma de un cilindro hueco, y la conexión normal de base pasa a la segunda zona a través del cilindro hueco.

10 13.- Aparato según la reivindicación 12, caracterizado porque el cuerpo es cilíndrico, y la conexión normal de base está conectada a la segunda zona junto al eje del cilindro, mientras que la conexión auxiliar de base lo está a la segunda zona por su periferia.

15 14.- Aparato según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque tiene un circuito de entrada de señales conectado entre la conexión normal de base y otra conexión, y un circuito de salida de señales conectado entre la conexión normal de base y otra conexión diferente.

20 15.- Aparato según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque tiene conectado un circuito de entrada de señales con la conexión del emisor, y un circuito de salida con la conexión del colector.

16.- Aparato traslator de señales.

Esta memoria consta de veintiseis páginas, escritas por una sola cara.

BARCELONA 22 MAY. 1953

P.A.  
*[Handwritten signature]*

22 MAY



A N E X O

209506

Indicaciones complementarias referentes a los planos.

- - -

Figura 4

V - Volts.

DP - Distribución de potencial en el empalme 13.

Figura 5

CPB - Con polarización de base a base, de 2 volts.

SPB - Sin polarización de base a base.

FMC - Frecuencia en Megaciclos por segundo.

Figura 9

R - Radio.

V - Volts.

P. A.

22 MA



209506

FIG. 1

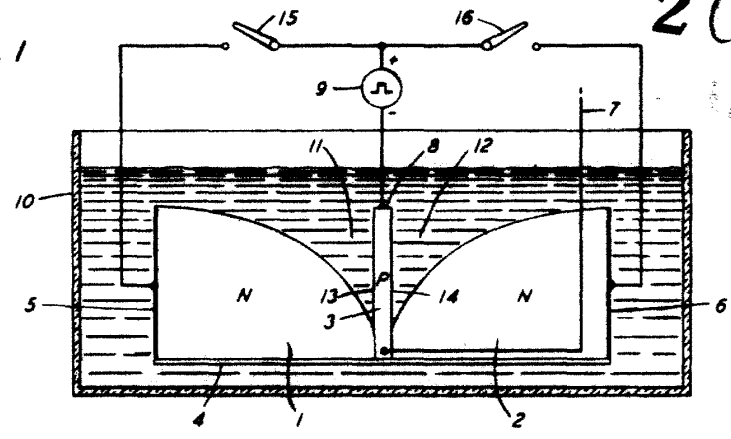


FIG. 2

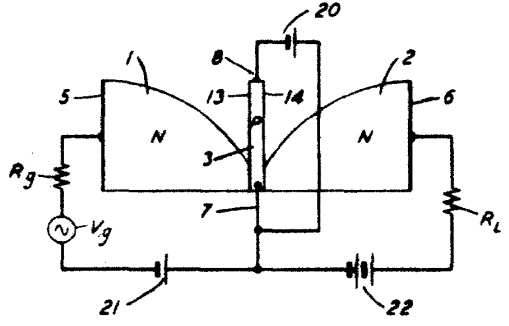


FIG. 3

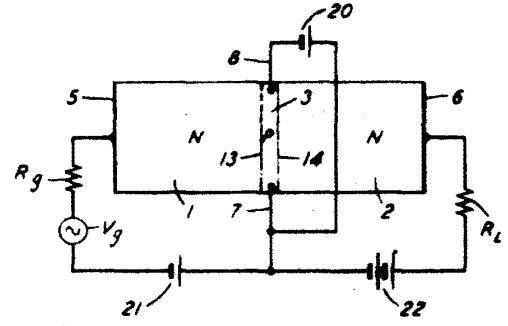


FIG. 4

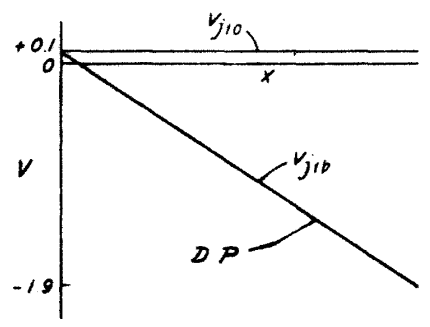
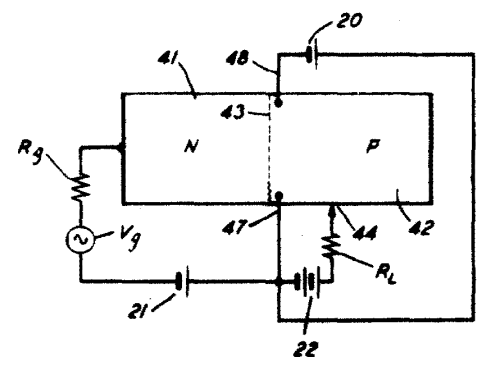


FIG. 7



F. A. *[Handwritten Signature]*

22M



FIG. 5

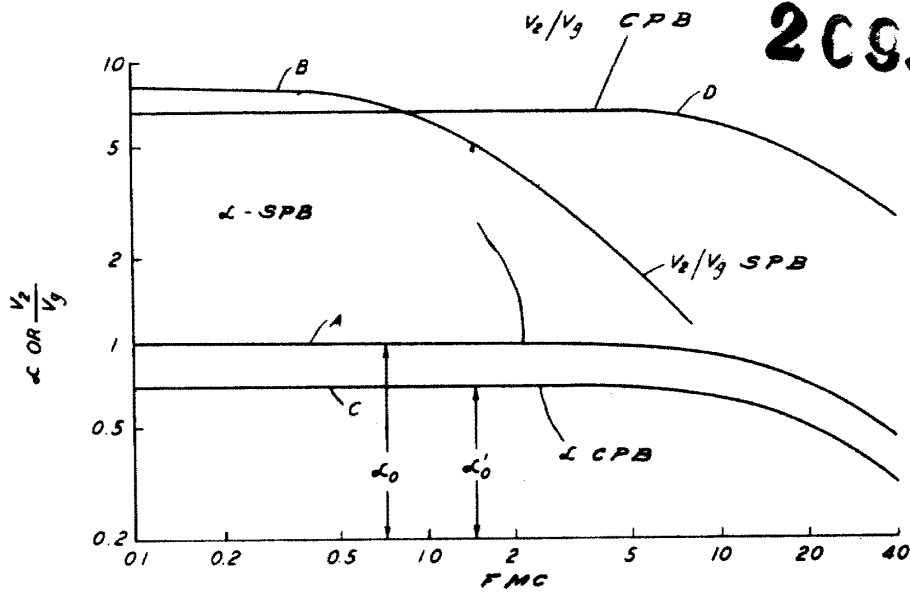
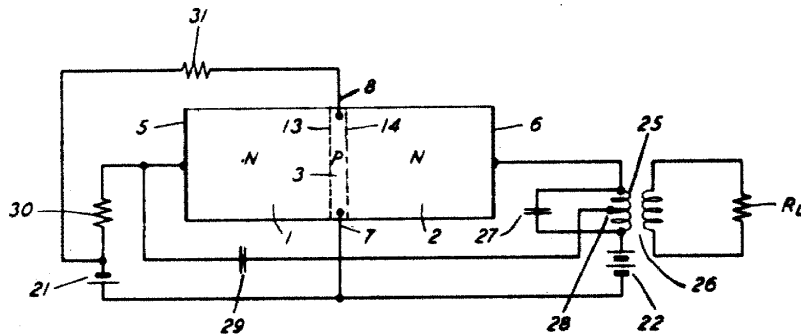


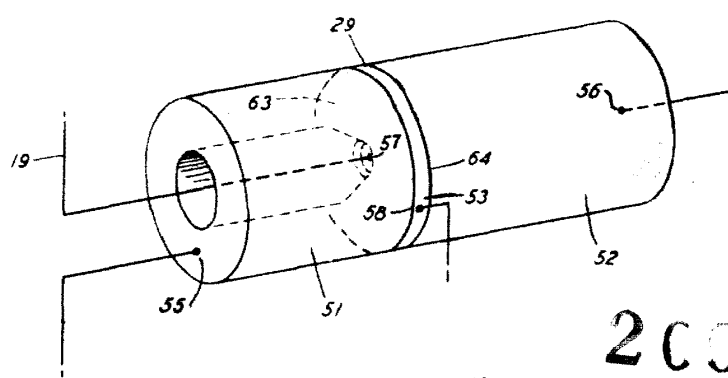
FIG. 6



P.A.  
*[Handwritten signature]*



FIG. 8



200506

FIG. 9

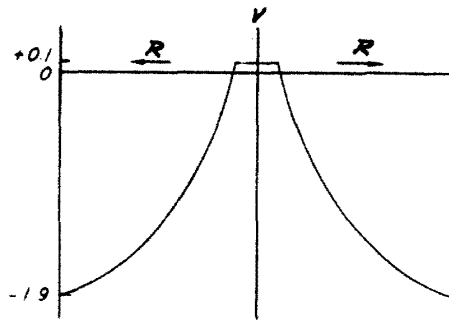
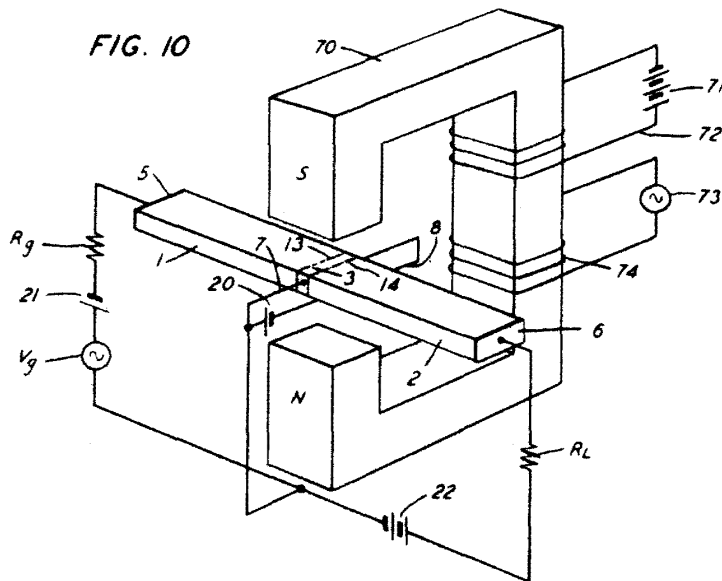


FIG. 10



P. B.  
*[Handwritten signature]*