

361196

P.- 40.271

SECCION TECNICA	
CLASIFICACION I. P. S.	
CLASE	H 01
SUBCLASE	L



Memoria descriptiva

26 DIC. 1968

para solicitar PATENTE DE INVENCION

por 20 años

a nombre de ITT INDUSTRIES, INC.

entidad / ~~de nacionalidad~~ norteamericana

con domicilio en 320 Park Avenue, Nueva York, N.Y., Estados Unidos de América.

por: "UN DIODO ZENER CON COMPENSACION DE TEMPERATURA"
(Clase Internacional HO1j).

18.12.68



Es un hecho conocido que el voltaje de avalancha

de los diodos zener depende no solo de la corriente sino tambien de la temperatura. Esto es debido a que los diodos zener con un voltaje de avalancha por debajo de los 5 voltios aproximadamente tienen un coeficiente de temperatura negativo y por encima de este valor, dicho coeficiente es positivo. También se conoce la forma de compensar el coeficiente positivo de temperatura de los diodos zener que tienen un voltaje de avalancha de más de 5 voltios en los que uno o más diodos semiconductores accionados en la dirección directa, están conectados en serie con el diodo zener (con relación a lo anterior se hace referencia al número de Diciembre de 1957, página 376, columna de la derecha de "Elektronische Rundschau").

Este tipo de compensación de temperatura no puede hacerse más que con un gasto razonable para voltajes de avalancha ligeramente superiores a 5 voltios. Puesto que la variación del voltaje de avalancha con relación a la temperatura aumenta a medida que aumenta el voltaje de avalancha, y puesto que por otra parte la variación del voltaje de avalancha que es debida a la temperatura, de un diodo semiconductor de silicón que está accionado en la dirección directa, es del orden de -2 milivoltios/°C (mv/°C), para voltajes superiores de avalancha se requiere, en particular para los que son del orden de 8 a 10 voltios, un número tan grande de diodos directos que este tipo de compensación de temperatura con componentes discretos resulta ineconómica. Así, por ejemplo, un diodo zener que tenga un voltaje de avalancha de 15 voltios precisa siete diodos directos.



También hay ascquibles comercialmente diodos ze
ner con compensación de temperatura que tienen voltajes de
avalancha de alrededor de 8 voltios en los que dentro de
una cápsula hay un diodo zener separado, así como un núme
5 ro de diodos semiconductores que están excitados en la di
rección directa y que se precisan para hacer la compensa-
ción de temperatura, por ejemplo la combinación de diodo
Z INTERMETALL BZY 25 (Catálogo de transistores y diodos de
INTERMETALL 1965/66, página 484 y 485).

10 Sin embargo, esta combinación de diodo zener al
consistir su construcción en componentes semiconductores
individuales alojados dentro de un alojamiento tiene toda
vía dimensiones que son considerablemente mayores que las
de un diodo zener individual de potencia comperable. De es
15 ta forma, por ejemplo, el diodo zener con compensación de
temperatura BZY 25 antes mencionado precisa un espacio de
alrededor de $2,8 \text{ cm}^3$ para una pérdida de potencia admisible
de 200 mW, mientras que el diodo zener comparable no compen
sado Z 8 solamente necesita un espacio de alrededor de $0,02$
20 cm^3 . Además, la resistencia diferencial aumenta en grado
desfavorable a medida que aumenta el voltaje de avalancha.

Se han hecho esfuerzos, por una parte, con vistas
a reducir el tamaño de los componentes con compensación de
temperatura y, por otra parte, para mejorar más la calidad
25 de la compensación de temperatura así como la resistencia
diferencial.

Para reducir las dimensiones se ofrece la técni
ca conocida de los circuitos de estado sólido de semicon-
ductores monolíticos integrados, Así, por ejemplo, se co-
30 noce de la patente americana Nº 3.244.949 un circuito es-

18.12.68



tabilizador de voltaje en forma de un circuito de estado sólido o integrado de semiconductores en el que está dispuesto un diodo zener entre la base y el colector de un transistor, y este transistor está también dispuesto dentro de un cuerpo semiconductor común.

En este circuito solamente hay un diodo zener y solamente un diodo directo y el circuito, como ya se ha mencionado antes, tiene un voltaje de avalancha algo superior a los siete voltios.

Siempre que el problema sea la fabricación de componentes con voltajes de avalancha sustancialmente mayores se pueden conectar en serie varios de estos componentes. Si se supone que esta conexión serie tiene que construirse o hacerse en forma de circuito de semiconductores de estado sólido o integrado, entonces, sin embargo, esto solo puede hacerse acomodando cada componente individual en una isla aislada separada en un substrato común. Sin embargo esto implica una complicación sustancial en el proceso de fabricación porque para la formación de las islas de aislamiento se precisa un paso más de fabricación.

Además, por la patente americana Nº 3.140.438 se sabe fabricar el diodo zener y el diodo directo para hacer la compensación de temperatura, como un solo componentes que en su construcción corresponde a la construcción de un transistor con una secuencia de zonas de tipos de conductividad alternativas, cuyo modo de funcionamiento, sin embargo difiere del modo de funcionamiento de un transistor por las condiciones de envenenamiento de las zonas individuales que difieren por el tipo de las de un transistor ordinario.



En consecuencia, el presente invento se refiere a un diodo zener con compensación de temperatura en forma de un circuito semiconductor de estado sólido o integrado que consiste en varios elementos no lineales y lineales, si es necesario, dispuestos en un cuerpo semiconductor común de un tipo de conductividad y conectados entre ellos con la ayuda de recubrimientos metálicos aplicados, y que tiene dos terminales de conexión al exterior.

El objeto del presente invento, es, como ya se ha indicado antes, proporcionar un diodo zener con compensación de temperatura que tenga en particular un voltaje de avalancha elevado permaneciendo las dimensiones del diodo sin que sean sustancialmente mayores que las de los tipos de diodo zener individual conocido hasta ahora. Además, un objeto del invento es mejorar las propiedades de compensación de temperatura de los diodos zener con compensación de temperatura consistentes en componentes discretos así como su resistencia diferencial. Además deben reducirse si es posible los gastos antes mencionados por las etapas adicionales del proceso.

De acuerdo con el invento se resuelve este problema al usar como elementos individuales más de dos estructuras de transistor, representando el cuerpo semiconductor la zona de colector de todas las estructuras de transistor, estando conectadas las uniones pn base-emisor de las estructuras de transistor, con relación a la dirección de la corriente total que circula cuando funciona, en serie en forma que una parte de las uniones base emisor pn en la dirección inversa hasta la región de avalancha, están accionadas como diodos zener, permaneciendo las

26 DIC



otras regiones en la dirección directa accionados como diodos directos, porque para reducir la resistencia dinámica interna se utiliza el efecto de transistor de por lo menos una parte de las estructuras de transistor accionadas como diodos directos, y porque el cuerpo semiconductor está conectado al primer terminal de conexión exterior y la base del último diodo zener o el emisor del último diodo directo está conectado al segundo terminal de conexión al exterior.

10 Los principios generales referentes a la construcción de circuitos semiconductores de estado sólido o integrados se describen en "Scientia electrica" de 1953, páginas 67 a 91, en particular en las páginas 79, 85 y 88 en las que se establece que para diodos y diodos zener pueden utilizarse tanto las uniones pn base-colector o base emisor de las estructuras de transistor. Estas afirmaciones, sin embargo, se refieren a los semiconductores IC's para aplicaciones amplificadoras o conmutadoras, llamados semiconductores IC lineales o digitales, en los que la función pretendida requiere a priori estructuras de transistor. Los diodos o diodos zener requeridos adicionalmente se hacen entonces en estos semiconductores IC en la forma establecida hasta ahora.

25 Con relación una red pura de dos terminales, como es la representada por el tipo de diodo zener con compensación de temperatura objeto del invento, este tipo de realización de diodos zener y diodos semiconductores no es obvio porque el uso de las estructuras de transistores para diodos es más cara cuando se ve desde el punto de vista de la ingeniería de circuitos convencionales. Del tipo

18.12.68



de construcción objeto del invento de diodo zener con compensación de temperatura se derivan también ventajas que no se consideran como autoexplicativas y que se explicarán con detalle más tarde.

5 A continuación se explicará con detalle el invento y sus realizaciones con relación a las figuras 1 a 14 de los dibujos que se acompañan. En estos dibujos las partes idénticas tienen las mismas referencias numéricas.

10 La figura 1 muestra la construcción usual de un semiconductor IC que comprende una estructura de transistor y una estructura de diodo.

La figura 2 muestra diodos conectados en serie en el mismo sentido y que están colocados en una zona de colector común.

15 La figura 3a muestra el diagrama de circuito eléctrico equivalente referente a dos diodos zener conectados en serie dispuestos de acuerdo con la figura 2.

20 La figura 3b muestra el diagrama de circuito eléctrico referente a diodos directos conectados en serie colocados en una zona de colector común y que están dispuestos igualmente de acuerdo con la figura 2.

La figura 4 muestra, dispuestos en otra forma, la cadena de diodos directos de la figura 3b.

25 La figura 5 muestra el diagrama de circuito eléctrico equivalente de la figura 4 corregida con las resistencias de emisor.

La figura 6a muestra los diodos zener conectados en serie y los diodos directos en una zona de colector común.

30 La figura 6b muestra el diagrama de circuito e-



léctrico equivalente al dispositivo de acuerdo con la figura 6a.

La figura 7 muestra una modificación ventajosa de la disposición según las figuras 6a y 6b.

5 La figura 8 muestra otra modificación ventajosa de las disposiciones de acuerdo con las figuras 6a y 6b.

La figura 9 muestra, aumentada, parte de la figura 6a.

10 La figura 10a muestra otra realización ventajosa del diodo zener objeto del invento construido utilizando una disposición parcial de acuerdo con la figura 9.

La figura 10b muestra un diagrama de circuito equivalente eléctrico referido a la disposición de acuerdo con la figura 10a.

15 La figura 11 muestra otra realización del diodo zener objeto del invento.

La figura 12 muestra otra realización de los dispositivos de acuerdo con la figura 11.

20 La figura 13 muestra otra realización de la disposición de acuerdo con la figura 11.

La figura 14 muestra el diagrama de circuito equivalente eléctrico de otra estructura de transistor y de las resistencias óhmicas de acuerdo con el invento.

25 La figura 15 muestra un tipo de realización del invento en el que están conectados otra estructura de transistor y las resistencias óhmicas al ejemplo de realización de acuerdo con la figura 13.

30 La figura 16 es una elevación de plano en la que se muestra una sección del cuerpo semiconductor del diodo zener con compensación de temperatura que contiene las



otras estructuras de transistor objeto del invento así como las resistencias óhmicas.

5 La figura 17, en una representación esquemática, muestra otra disposición de las resistencias óhmicas adicionales.

La figura 18 muestra, en representación esquemática, una disposición de las resistencias óhmicas que difiere de la de la figura 4.

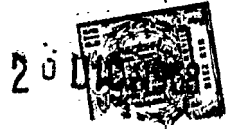
10 La figura 19 muestra, en forma esquemática, otra posibilidad de disponer las resistencias óhmicas.

La figura 20 muestra el diagrama de circuito equivalente eléctrico de otra estructura de transistor y de las resistencias óhmicas de acuerdo con el invento, en otra forma.

15 La figura 21 muestra un tipo de realización del invento en el que las estructuras de transistor y las resistencias óhmicas están conectadas al ejemplo de realización de la figura 13.

20 La figura 1 muestra un tipo conocido de construcción de un semiconductor IC que, para sencillez, solamente contiene una estructura de transistor y una estructura de diodo. Como estructura de diodo se usa igualmente una estructura de transistor en cuyo caso el terminal de colector C está conectado al terminal de base B de forma que la unión pn colector-base esté cortocircuitada. La región de colector n_c , a través de la zona de contacto n_E que ha resultado simultáneamente a la zona de emisor n_E y la capa de contacto A1 está conectada al terminal de colector C.

30 De la misma forma la zona de base p_B y la zona



de emisor n_E están conectadas a sus terminales respectivos de conexión B ó E respectivamente, a través del recubrimiento de contacto A1. Debido a la difusión de aislamiento p_j que se extiende desde una superficie a través de la zona n_C al substrato p_S , se producen zonas individuales de colector n_C que están aisladas entre sí por uniones pn. La superficie, con la excepción de las áreas de contacto está recubierta con una capa protectora de pasivización Ss .

Los diodos pueden estar como diodos directos o inversos, por ejemplo, como diodos zener en la forma convencional en circuitos estabilizadores de voltaje. Para el voltaje de avalancha de estos componentes accionadas como fuentes de señal de referencia son decisivos cada vez sustancialmente las propiedades directas d de avalancha de las uniones pn que forman el diodo.

Puesto que en los circuitos integrados de semiconductores, por encima de todo, el voltaje de avalancha de las uniones pn solo puede elegirse dentro de límites estrechos, se requiere a menudo conectar varios diodos zener en serie para obtener el voltaje de avalancha deseado.

Como ya se ha mencionado antes, los diodos zener, en la forma convencional, pueden estar conectados en serie con diodos directos para compensar el coeficiente positivo de temperatura del voltaje de avalancha con el coeficiente negativo de temperatura de los voltajes directos. Todas estas disposiciones de circuito son también posibles en este caso en cuanto que los voltajes entre las áreas de colector de los diodos individuales y el área de substrato están por debajo del voltaje de avalancha colector-substrato, puesto que el substrato es el punto más negativo o el

punto más positivo del circuito, que depende del tipo de conductividad del sustrato.

En las figuras 2 y 3a se ha representado un número de estructuras de transistor conectadas en serie y como diodos zener. El número máximo n_{max} de diodos zener conectados en serie depende de la conexión de los sustratos o del material básico de la zona de colector n_C respectivamente.

Son concebibles las siguientes posibilidades de conexión que, en las figuras 2 y 3a están indicadas por las letras minúsculas correspondientes:

a) el sustrato no está conectado. Puesto que el sustrato no está asignado eléctricamente a ningún potencial de circuito, este modo de operación es desfavorable. Puede establecerse la siguiente relación con relación a n_{max} :

$$n_{max} = \text{número entero} \leq \frac{U_{CE}}{U_{BE}} + 1$$

en la que U_{EB} simboliza el voltaje de avalancha de los diodos emisor-base, y U_{CE} simboliza el voltaje de avalancha del camino colector-emisor de las estructuras de transistor, en particular el voltaje de avalancha colector-emisor de la estructura de transistor 1.

b) El sustrato está conectado al primer terminal de conexión exterior I, y por lo tanto al polo positivo de una fuente exterior de voltaje. Esto resulta ser el modo más seguro y objeto del invento de funcionamiento. El número máximo de diodos zener que pueden conectarse en serie es el siguiente:

$$n_{\max} = \text{número entero} \leq \frac{U_{CE}}{U_{EB}}$$



5 c) El substrato está conectado a p_B - región del primer diodo zener de la cadena. Esta posibilidad de conexión, como la del caso a) anterior, es desfavorable.

d), e) Estas posibilidades de conexión se ha visto que no son adecuadas y por lo tanto se tienen que considerar como prohibitivas.

10 Con la posibilidad b) se puede obtener voltajes de avalancha de todo el dispositivo que esté dentro del área entre el voltaje de avalancha U_{EB} de la unión pn emisor-base y el voltaje de avalancha U_{CB} de la unión pn base colector como múltiplos enteros del voltaje de avalancha base emisor U_{EB} .

15 Las restantes propiedades del invento no se distinguen sustancialmente de las propiedades de los diodos zener convencionales. Esto se aplica también a la resistencia dinámica que aumenta a medida que aumenta n como aumenta en el caso de diodos zener convencionales la resistencia dinámica a medida que aumenta el voltaje de avalancha.

20

En el diagrama de circuito equivalente de la figura 3a solamente se han representado las dos primeras y las dos últimas de las n estructuras de transistor, que son efectivamente como diodos zener, y están indicadas por las referencias 1, 2, $(n-1)$ y n respectivamente. El emisor de la estructura de transistor 1 está aplicado al primer terminal de conexión exterior I. La base de la estructura de transistor 1 está conectada al emisor de la estructura de transistor siguiente 2, y semejantemente la base de es

25

30

ta estructura de transistor está conectada al emisor del siguiente y así sucesivamente hasta el emisor de la última estructura de transistor n . La base de esta última estructura de transistor está aplicada al segundo terminal de conexión exterior II, que está conectado al polo menos de una fuente de corriente exterior.

La figura 3b muestra las estructuras de transistor 1 a m correspondientes a las figuras 2 y 3a pero accionados ahora en la dirección directa. El número máximo de diodos directos conectados en serie n_{max} depende ahora de la conexión del substrato o de la conexión del material básico de la zona de colector n_C respectivamente. Las siguientes posibilidades de conexión son concebibles:

a) El substrato o capa no está conectado. Este caso es desfavorable por las mismas razones que el caso a) de la cadena de diodo zener. Se aplica la siguiente relación:

$$n_{max} = \text{número entero} \leq \frac{U_{CE}}{U'_{BE}} + 1$$

en la que U_{CE} indica el voltaje de avalancha colector emisor de la última estructura de transistor m , y U'_{BE} indica el voltaje directo emisor-base de las estructuras de transistor.

e) El substrato o capa está conectado al polo positivo de una fuente exterior de voltaje. Se aplica la siguiente relación:

$$n_{max} = \text{número entero} \leq \frac{U_{CE}}{U'_{BE}}$$

Esta resulta ser la forma más segura y objeto



del invento de operación.

d) El substrato está conectado al emisor de la última estructura de transistor m. Esta forma de conexión es semejantemente desfavorable como la a) anterior.

5 b) y c). Estas conexiones se ha visto que no eran adecuadas y, por lo tanto, tienen que considerarse como prohibitivas.

De esta forma se pueden obtener voltajes directos para todo el dispositivo a partir de los múltiplos enteros del voltaje directo de una sola unión pn base-emisor. Sin embargo, las demás propiedades de la disposición difieren en parte considerablemente de las propiedades de los diodos directos en número concreto conectados en serie. Lo mismo se puede aplicar a la resistencia dinámica.

15 En el circuito equivalente de la figura 3 se han mostrado las dos primeras y las dos últimas de las m estructuras de transistor que actúan como diodos directos, que están indicadas por las referencias 1, 2, (m-1) y m. El emisor de la primera estructura de transistor 1 está
20 conectada al primer terminal de conexión exterior que está aplicado al polo menos de una fuente exterior de corriente. La base de esta estructura de transistor está conectada al emisor de la estructura de transistor siguiente 2 cuya base está conectada de nuevo al emisor de la estructura de transistor siguiente y así sucesivamente hasta el
25 emisor de la última estructura de transistor m. La base de esta última estructura de transistor está aplicada al segundo terminal de conexión exterior II que tiene que conectarse al polo más de la fuente exterior de voltaje.

30 En la figura 4 se ha representado el diagrama de

circuito equivalente de la figura 3. Al conectar el colector de la zona n_c al terminal de conexión exterior II que está aplicado al positivo, entonces la cadena de diodos directos representa un amplificador DARLINGTON de n pasos.

5 Las corrientes de base respectivas de las m estructuras de transistor están indicadas por las referencias J_2 a $J_{(m+1)}$: La corriente de base del transistor de orden $(m-1)$ es igual a la corriente de emisor de la estructura de transistor e másima.

10 La resistencia dinámica r de esta disposición está determinada sustancialmente por las propiedades de la estructura del transistor 1, estando r aproximadamente en proporción inversa a la transconductancia S_1 de la estructura de transistor 1 porque casi la totalidad de la corriente J que circula por el dispositivo se lleva a través del colector de la estructura de transistor 1 de forma que el último actúa como un transistor, esto es, como amplificador de corriente. La corriente de colector J_{C1} de la estructura de transistor 1 es igual a la corriente total J reducida en la corriente de emisor J_2 de la estructura de transistor 2. Sin embargo J_2 es menor por el factor de amplificación B_1 de la estructura de transistor 1 de forma que J_{C1} es aproximadamente igual a J .

25 Debe cuidarse con la ayuda de una geometría adecuada en la realización de la estructura de transistor 1, que se mantengan también en el caso de corrientes muy elevadas las propiedades favorables.

30 El amplificador de DARLINGTON está controlado por el potencial del terminal de conexión exterior I. Como voltaje directo del dispositivo, como ya se ha descrito

20 DII



antes, se dispone de la suma de los voltajes directos de las uniones pn base-emisor. Consecuentemente se utiliza el efecto de transistor de las estructuras de transistor 1 a m.

5 Con relación a las reducciones posteriores de la resistencia dinámica r , el circuito de acuerdo con la figura 4 puede ser mejorado aumentando las corrientes de base que disminuyen a medida que aumenta el número de orden de la estructura de transistor 2 a m que actúan como seguidores de emisor, de forma que también obtengan las otras estructuras de transistor un punto de funcionamiento en el que aparezca el efecto de amplificación de corriente del transistor. El colector de la estructura de transistor 1 conduce casi la corriente J total. Con relación a la corriente de emisor J_{Em} se aplica, a título de aproximación en el caso de factores de amplificación de corriente suficientemente grandes B_m , que la corriente emésima de emisor es igual a la corriente total J dividida por el producto del primero de los m factores de amplificación de corriente B_m . Sin embargo, de esta forma, también disminuye el voltaje directo U_m de los diodos directos a medida que aumenta el número ordinal m , porque U_m está en proporción con el logaritmo natural del cociente de la corriente del emésimo emisor y la corriente de emisor residual asociada.

10

15

20

25

Además, a medida que se hace menor la corriente de emisor, aumenta el coeficiente de temperatura relativo y absoluto y el factor de amplificación de corriente B_m disminuye igualmente.

30 La corriente de emisor J_{Em} puede seleccionarse libremente dentro de ciertos límites cuando se insertan



ventajosamente resistencias óhmicas en la disposición de acuerdo con la figura 4 en el curso de otras realizaciones del invento, como se mostrará en la figura 5.

5 En el conductor de emisor de cada una de las estructuras de transistor 2 a m se inserta cada vez una resistencia R_2 a R_m cuyo extremo que no está junto al emisor está conectado a un segundo terminal de conexión exterior $I1$. El emisor de la estructura de transistor 1 conduce la corriente J' mientras que la corriente de base de la estructura de transistor m está indicada por la referencia $J_{(m+1)}$

10 Las resistencias óhmicas pueden incluirse también en los circuitos integrados de semiconductor y pueden estar hechas, por ejemplo por difusión de p_b y pueden estar embebidas en el material de base n_c que representa el colector común de los diodos director 1 a m . Puesto que las uniones pn base colector de estas resistencias óhmicas están siempre polarizadas en la dirección inversa resulta de ello una ventaja muy sustancial, con relación a la simplicidad del semiconductor IC, de que así no se requiere ninguna zona de aislamiento. Las resistencias óhmicas, sin embargo, pueden depositarse también en el cuerpo semiconductor en forma de capas de resistencia. Otra ventaja sustancial de la inserción de las resistencias óhmicas se verá por el hecho de que el coeficiente de temperatura de los voltajes directos del dispositivo puede seleccionarse libremente dentro de unos límites porque depende de la corriente y puede ajustarse con precisión con el valor de la resistencia.

25 Las figuras 6a y 6b muestran ahora la conexión serie de la cadena de diodos zener y de la cadena de diodos



directos como ya se ha considerado separadamente anteriormente. Un número de n diodos zener y de m diodos directos con las resistencias de emisor asociadas $R_{2_}$ a $R_{\underline{m}}$ se llevan a la zona de colector común n_c . La resistencia óhmica $R_{\underline{n}}$ que se requiere para ajustar la circulación de corriente a través de la cadena de diodos zener se dispone igualmente de forma ventajosa en la zona de colector común.

La zona de colector común puede conectarse de nuevo en formas diferentes. De las tres posibilidades a, b y c según se representan en los dibujos, la conexión de acuerdo con b es la preferida porque en este caso, de acuerdo con la disposición de la figura 4, de nuevo circula la mayor parte de la corriente total a través de la estructura de transistor 1. Las conexiones a y c, sin embargo son muy desfavorables.

La resistencia dinámica r de esta disposición y en el caso de la conexión b es aproximadamente inversa en proporción con la transconductancia S_1 de la estructura de transistor 1; sin embargo, este valor, es pequeño con relación a la resistencia dinámica de los diodos zener de tipo convencional.

El número de diodos directos se elige así de forma que el coeficiente de temperatura de su voltaje directo base-emisor compense exactamente el coeficiente de temperatura del voltaje de avalancha de los n diodos zener.

En otra realización se consigue un ajuste fino de la compensación seleccionando las correspondientes corrientes de emisor de los diodos directos con la ayuda del valor de las resistencias óhmicas $R_{\underline{2}}$ a $R_{\underline{m}}$.

Adecuadamente la corriente que circula a través

26 DIC. 1968

de los diodos zener se elige con la ayuda de R_n , de forma que el ruido de los diodos zener sea tan pequeño como sea posible.

5 No es necesario que los diodos zener y los diodos directos se conecten cada vez en serie en grupos asociados. Por ejemplo, de acuerdo con la figura 7 puede conectarse una parte de los diodos directos delante y una parte detrás de los diodos zener lo que ofrece algunas ventajas técnicas de producción.

10 En el ejemplo de acuerdo con la figura 7 la resistencia óhmica R_2 es determinativa de la corriente que circula a través de toda la estructura de transistor 2, la resistencia R_4 es determinativa de la corriente que circula a través de la estructura de transistor 4 y la resistencia óhmica R_2 es determinativa de la corriente que circula a través de los diodos zener 1 y 2 y a través de la estructura de transistor 3. Haciendolo así, todas las resistencias óhmicas son relativamente bajas, por lo que son particularmente adecuadas para ser acomodadas dentro
15 de la zona de colector sin que requieran ningún espacio considerable.

La figura 8 muestra otra construcción ventajosa de un diodo zener con compensación de temperatura. Por una distribución o sub-división de las resistencias óhmicas que difieren de las de la disposición de acuerdo con la figura 7, se obtienen todavía valores mas favorables, esto es resistencias menores, con relación a los circuitos integrados de semiconductores. En vez de conectar el extremo de cada resistencia individual de emisor que no está
25 con el emisor, al segundo terminal de conexión exterior II,
30

19.12.68



las resistencias de emisor están conectadas de forma que el extremo que no va al emisor está conectado al emisor de la estructura de transistor precedente, en el curso de otra realización del invento. Así, por ejemplo, la resistencia óhmica R_2 que está asociada con el diodo directo de la estructura de transistor 2, está conectada al emisor de la estructura de transistor 1 precedente.

La resistencia óhmica R'_n representa la resistencia serie para los diodos zener de la estructura de transistor 1 a n; está situada entre el emisor y la base de la última estructura de transistor m de la cadena de diodos directos. La resistencia R'_n puede ser sustituida ventajosamente por la resistencia óhmica R_n que conecta la base del último diodo directo m directamente con el terminal de conexión exterior II. En consecuencia, la corriente transversal de los diodos zener que en algunas circunstancias puede ser alta, no circulará a través de la cadena de resistencias de emisor de lo que se pueden obtener unas propiedades favorables.

En la disposición de acuerdo con la figura 6b los conductores de base de las estructuras de transistor n y m están conectados entre sí. Por esta razón las dos zonas de emisor asociadas pueden insertarse en una zona de base común como se ha representado en la figura 6a.

En la figura 9 se ha representado esta disposición en una escala aumentada. El doble diodo así formado representa un transistor lateral tipo npn, porque el diodo np de la derecha está accionado en la dirección directa, con inyección, mientras que el diodo pn de la izquierda está accionado en la dirección inversa y dentro del á-



rea de avalancha.

Estos tipos de transistores laterales y sus propiedades son conocidos por el número de Diciembre de 1964 página 1491 a 1495 de "Proceedings de IEEE" y "Solid State Electronics" de 1967, páginas 225 a 234. Su empleo con el diodo zener con compensación de temperatura objeto del invento produce, sin embargo, un efecto supresor en cuanto a las propiedades del diodo zener que seleccionando el factor de amplificación de corriente puede influenciarse adecuadamente y en una forma favorable. Así, por ejemplo, el voltaje de avalancha disminuye a medida que la anchura de la base X_B se hace menor. En los casos en que no se desca este efecto, se hace grande X_B , y en las estructuras planares convencionales, los valores de X_B mayores que 30 a 50 μ m son suficientes para este fin. Debido al factor de amplificación de corriente, la resistencia dinámica interna, la calidad de la compensación de temperatura, y las propiedades de ruido de los diodos zener con compensación de temperatura pueden ser influenciadas. El empleo de estructuras dobles es particularmente ventajoso con los diodos zener con compensación de temperatura de acuerdo con el invento, porque el ruido es sustancialmente reducido por la unión pn que es accionada con inyección. Además, el coeficiente positivo de temperatura del voltaje de avalancha del diodo zener puede reducirse mas independientemente de la compensación de temperatura que la que daban los diodos directos. Igualmente, la resistencia dinámica se reduce y se hace ajustable de forma que tambien se reduce la resistencia dinámica del dispositivo total.

Las figuras 10a y 10b muestran la construcción



de otra realización particularmente favorable del diodo zener objeto del invento. En este caso, todas las estructuras de transistor que tienen que actuar como diodos zener están combinadas con una estructura de transistor, que actúa como un diodo directo para formar, consecuentemente una doble estructura consistente en dos estructuras de transistor de forma que resultarán las estructuras dobles 1' a p. Estas estructuras dobles están conectadas en tal forma entre ellas que el emisor de la estructura parcial de la estructura doble 1' que actúa como diodo zener está conectada al terminal de conexión exterior I y por lo tanto al polo más de una fuente exterior de voltaje, mientras que el emisor de la estructura parcial de la estructura doble 1' que actúa como diodo directo está conectada al emisor de la estructura doble siguiente 2' que forma parte del diodo zener. El emisor del diodo directo de 2' lleva de nuevo al emisor del diodo zener de la estructura doble siguiente, y así sucesivamente hasta la estructura doble p. El emisor del diodo directo de la estructura doble p, si es necesario, puede conectarse a la primera base de una cadena adicional de diodos directos que corresponden al terminal de conexión II de acuerdo con la disposición representada en la figura 3; de esta cadena de diodos directos se ha representado la primera estructura de transistor 1 en las figuras 10a y 10b.

Debido a que las resistencias óhmicas $R_{B1'}$ a R_{Bp} pueden llevarse igualmente a la zona de colector n_C , y están conectadas a la base de la estructura doble asociada, se pueden seleccionar las corrientes que circulan en los diodos zener. Con la ayuda de las resistencias óh-



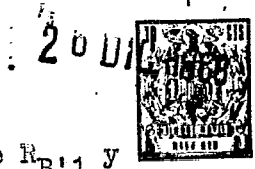
micas $R_{E1'}$ a R_{EP} que son igualmente capaces de ser llevadas a la zona de colector n_C llevando a los emisores que pertenecen a los diodos directos respectivos de las estructuras dobles, se pueden ajustar las corrientes de emisor de las estructuras parciales de las estructuras dobles que actúan como diodos directos.

Consecuentemente, las resistencias óhmicas $R_{B1'}$ a R_{Bp} y $R_{E1'}$ a R_{Ep} se llevan igualmente a la zona de colector común n_C que está, de acuerdo con el presente invento, de forma que no se requieren ninguna otra zona n_C aislada.

Utilizando los principios explicados con relación a las figuras 10a y 10b, y aplicando las consideraciones mencionadas con relación a la explicación de las figuras 5, 7 y 8 todavía pueden mejorarse y simplificarse ventajosamente las disposiciones de las figuras 10a y 10b. Esto se ha representado en la figura 11.

Los emisores de las estructuras dobles 1' a p están conectados entre sí en la forma indicada en la explicación de la figura 10a. El emisor de la estructura parcial de la doble estructura p que actúa como diodo directo es seguido, todavía por la cadena de diodos directos 1 a m de los que se han representado las dos estructuras de transistor 1 y m. Las resistencias óhmicas $R_{B'1}$ a $R_{B'p}$ constituyen una conexión serie con su principio, el extremo de $R_{B'1}$ conectado a la base de la estructura doble 1', mientras que su extremo está aplicado al segundo terminal de conexión exterior II.

A cada punto de conexión 22 a pp de dos resistencias óhmicas sucesivas de la cadena $R_{B'1}$ a $R_{B'p}$ está conectada la base de la estructura doble correspondiente siguiente, a



5 aquí, por ejemplo al punto de conexión 22 entre $R_{B,1}$ y $R_{B,2}$ está conectada la base de la estructura doble 2'. Además, desde estos puntos de conexión se extiende cada vez una resistencia óhmica $R_{E,1}$ a $R_{E,(p-1)}$ a los emisores de las estructuras parciales de las estructuras dobles asociadas que actúan como diodos directos. Así, por ejemplo, la resistencia óhmica $R_{E,1}$ está entre el emisor del diodo directo de la estructura doble 1' y el punto de conexión 22 de $R_{B,1}$ y $R_{B,2}$ y por lo tanto también a la base de la estructura doble 2'. La última resistencia óhmica $R_{E,p}$ de la serie $R_{E,}$, se extiende desde el emisor del diodo directo de la estructura doble p que está también conectada a la base del diodo directo de las estructuras de transistor m , al emisor de la estructura de transistor m y a la base de la estructura de transistor de diodo directo siguiente, aquí, en este caso, a la base de la estructura de transistor 1. Entre la base de la estructura de transistor inferior siguiente y su emisor está la resistencia R''_m .

20 Las figuras 12 y 13 muestran más posibilidades de como pueden conectarse las estructuras dobles de emisor en serie. Esto producirá un ahorro de resistencia óhmica. Así, la figura 12 muestra una disposición en la que las resistencias efectivas $R_{E,1}$ a $R_{E,(p-1)}$ que conectan la base del emisor de diodo directo de la estructura de emisor doble anterior están sustituidas por un cortocircuito, esto es por una conexión de conducción directa. Además, la resistencia óhmica R_{Ep} del emisor de diodo directo que forma parte de la última estructura de emisor está conectada a un segundo terminal de conexión exterior



II. De la misma forma, la resistencia R_m que está inserta en el conductor de emisor del último de la cadena siguiente de diodos directos está aplicado al terminal de conexión exterior II. Las resistencias de emisor de los diodos directos pueden conectarse también al terminal de conexión exterior II, como ya se ha representado en la figura 5.

Otra realización de la disposición de acuerdo con la de la figura 11 se presentará en los casos en los que además de los pasos y medidas tomados de acuerdo con la figura 12, la conexión serie de las resistencias óhmicas $R_{B'1} \dots R_{B'p}$ se elimine omitiendo los hilos o hilo depositados con los que están conectadas estas resistencias óhmicas entre sí. También en este caso, se pueden, de nuevo, añadir diodos directos al emisor del diodo zener de la última estructura doble p que, sin embargo, no se ha representado en la figura 13, para mayor claridad.

Las posibilidades de disponer las resistencias óhmicas individuales como se ha representado en los dibujos que se acompañan todavía pueden modificarse y pueden adaptarse a las cualidades requeridas de los diodos zener con compensación de temperatura.

La producción en masa de estos diodos zener con compensación de temperatura encuentra la dificultad de que la calidad de la compensación de temperatura varía de componente a componente. Esto es debido al hecho de que los parámetros tecnológicos varían durante la fabricación. En particular se señala que de componente a componente varía el voltaje de avalancha de las estructuras de transistor que actúan como diodos zener. Además, también varía el coe



ficiente de temperatura de los diodos zener según **26** ~~104~~
taje de avalancha.

5 Como se ha señalado antes, este problema puede resolverse eligiendo el número de estructuras de transistor que actúan como diodos directos de forma que se consiga una compensación de temperatura óptima de los componentes respectivos. Sin embargo, esta posibilidad de resolver el problema es relativamente cara porque no pueden usarse las estructuras de transistores superfluos que actúan como diodos directos, pero requieren un espacio innecesario en el cuerpo del semiconductor. Además, este equilibrio solo es posible en paso enteros de coeficiente de temperatura de los diodos directos.

10

Así, otra realización del invento resuelve el problema de ahorrar las estructuras de transistor adicionales que no se utilizan y que actúan como diodos directos y las sustituye por otras posibilidades de equilibrio. De acuerdo con esta realización se consigue que en el cuerpo semiconductor que representa la zona de colector común se inserte otra estructura de transistor cuyo colector consiste en una parte de la zona de colector común en la que tanto la base como el emisor de la otra estructura de transistor están puenteadas por una resistencia óhmica y, semejantemente, la base y el colector están puenteadas por una resistencia óhmica, porque el emisor, en el caso de una zona de colector de conductividad n, está conectado al punto mas positivo de las estructuras de transistor conectadas en serie y que actúan como diodos directos o zener, mientras que en el caso de una zona de colector de conductividad p, el emisor está conectado al punto más ne

15

20

25

30



gativo de la conexión serie, y porque en el caso de un equilibrio necesario de coeficiente de temperatura, el valor de la resistencia óptima de por lo menos una de las resistencias óhmicas se ajusta con, por lo menos, un cortocircuito parcial. Utilizando esta realización, se consigue que solo se requieran unas pocas estructuras de transistor que actúen como diodos directos que restrinjan la resistencia diferencial del diodo zener con compensación de temperatura a una valor inferior y óptimo.

En la figura 14 la estructura de transistor T que es adicional con relación a las estructuras de transistor insertas en el cuerpo semiconductor común de acuerdo con el invento se ha representado junto con el divisor de voltaje consistente en las resistencias óhmicas R1 y R2, como un diagrama de circuito equivalente eléctrico. La resistencia óhmica R2 está colocada entre la base y el electrodo de colector de la estructura de transistor T, y consiste en las resistencias parciales R21, R22, R23, R2n. La resistencia óhmica R1 está colocada entre los electrodos de base y emisor de la estructura de transistor T. En una buena aproximación, se aplican las siguientes dos relaciones a ésta disposición de circuito:

$$U_{CE} = U_{EB} \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right)$$

$$\frac{\Delta U_{CE}}{\Delta T} = \frac{\Delta U_{EB}}{\Delta T} \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right)$$

en la que U_{CE} indica el voltaje colector-emisor, y U_{EB} el voltaje base-emisor de la estructura de transistor T. Por ΔU_{CE} y ΔU_{EB} se han indicado las variaciones de voltaje



20-D

del voltaje colector-emisor o del voltaje base emisor respectivamente, según son causadas por la variación de temperatura indicada por ΔT . Puesto que ahora la variación de voltaje con relación a y debida a la temperatura del voltaje base-emisor U_{EB} es de $-2\text{mv}/^{\circ}\text{C}$, se pueden ajustar la variación de voltaje con relación a y debida a la temperatura, del voltaje colector emisor U_{CE} variando los valores de resistencia de las resistencias óhmicas R1 y R2. Lo anterior se conoce por la "Consumer Application Note: 15 Watt Audio Amplifier with Short Circuit Protection" de Don Smith publicado por Fairchild Semiconductors, Mountain View, California, el 24 de Noviembre de 1965.

En la figura 15, la parte de circuito representada en la figura 14 está conectada junto con un dispositivo que actúa como diodo zener con compensación de temperatura. Esta disposición corresponde sustancialmente a la disposición mostrada en la figura 13. El emisor de la estructura de transistor T está conectado al punto más positivo de la disposición de acuerdo con la figura 13. Esto ofrece la ventaja de que también puede integrarse la estructura de transistor T en la zona de colector común n_C del diodo zener con compensación de temperatura requiriéndose de otra forma una isla aislada para la estructura de transistor.

La figura 16 muestra una porción del cuerpo semiconductor del diodo zener con compensación de temperatura de acuerdo con el invento, esto es una elevación de plano conteniendo esa porción particular la estructura de transistor T y las resistencias óhmicas R1 y R2. Las áreas de resistencia producidas en el cuerpo semi-conductor que



forman la zona de colector común n_c están indicadas por la línea de puntos. Las zonas de emisor y base no se han representado mientras que los cuadrados y rectángulos indicados por las líneas de puntos, tienen que considerarse como

5 aperturas previstas en una capa de material aislante que cubre el cuerpo semiconductor, exponiendo estas aperturas las zonas que quedan debajo. En estas aperturas, y en las zonas respectivas, se aplica un recubrimiento metálico que sirve de contacto de las zonas. En el dibujo se han repre-

10 sentado las zonas siguientes con las aperturas correspondientes en la capa de material aislante y los contactos unidos a ella: la resistencia óhmica R1 con las aperturas 1a y 1b de sus extremos, la resistencia óhmica R2 que consiste en las resistencias parciales conectadas en serie

15 R21, R22, R23, R24. La conexión en serie de estas resistencias comprende las aperturas de contacto 2a, 2b, 2c, 2d, 2e. Sobre las tres zonas de la estructura de transistor T se han previsto las aperturas de contacto B para la base, C para el colector y E para el emisor y en estas aperturas

20 se han depositado igualmente recubrimientos de contacto.

Con la excepción de los recubrimientos de contacto producidos en las aperturas, la superficie del cuerpo semiconductor está cubierta con otra capa de material aislante. En esta capa de material aislante las áreas indicadas por las líneas de puntos y rayas tienen un recubrimiento metálico que aumenta la superficie de los contactos que están debajo. Una porción de estos recubrimientos de contactos aumentados establece también las conexiones de conducción eléctrica entre los recubrimientos de contacto individual que están debajo. Con detalle, se han pre-

25

30

26 DIC. 1968



visto los siguientes recubrimientos grandes de contacto:
el recubrimiento de contacto 31 que conecta el contacto de
e misor E y un extremo 1a de la resistencia óhmica R1; a-
denás del recubrimiento de contacto 32 que conecta el con-
tacto de base B, el otro extremo 1b de la resistencia óh-
mica R1 y un extremo 2a de la resistencia óhmica R2; ade-
más el recubrimiento de contacto 33 que aumenta la super-
ficie del recubrimiento de contacto 2d; además los recu-
brimientos de contacto 34 y 35 cada uno de los cuales sir-
ve para aumentar las áreas de superficie de los recubrimien-
tos de contacto 2b y 2c; finalmente el recubrimiento de
contacto 36 que conecta el otro extremo 2e de la resisten-
cia óhmica R2 al contacto de colector C.

La disposición del recubrimiento de contacto au-
mentado 31 a 36, en una forma ventajosa y en otra realiza-
ción del invento se elige ahora de forma que cada recubri-
miento de contacto se extienda hasta la proximidad de la
otra. Esto, por ejemplo, puede tomarse de consideraciones
geométricas del recubrimiento de contacto 31 cuya parte 31a
que conecta los recubrimientos de contacto E y 1a, a tra-
vés de parte 31b, se extiende a la parte 31c, de forma que
el recubrimiento de contacto 31 se extiende hasta casi el
recubrimiento de contacto 36. Los recubrimientos de contac-
to 33 a 35, en sus superficies se eligen tan grandes que
solamente queda una pequeña distancia entre ellos. Cada
vez se extienden dos bordes de estos recubrimientos de con-
tacto paralelos entre sí. Igualmente, los recubrimientos
de contacto 31, 32 y 36 están diseñados de forma que cada
vez dos bordes se extienden paralelos entre sí.

El curso de la resistencia óhmica R2 y la dispo



sición de las aperturas de contacto 21 a 25 se eligen as
 de forma que los recubrimientos mayores de contacto 33 a
 35 pueden disponerse próximos unos a otros. En la figura
 3 se consigue ésto por el curso aproximadamente en forma
 5 de U de la resistencia óhmica R2.

Por la disposición descrita de los recubrimientos
 aumentados de contacto 31 a 36, y por la disposición des-
 crita de la resistencia óhmica R2 se puede ahora hacer que
 las partes de la resistencia óhmica R2 o la estructura com-
 10 pleta de transistor que comprende las resistencias óhmicas
 R1 y R2 estén cortocircuitadas. Esto quiere decir que in-
 tervienen cuando la variación de voltaje que depende de la
 temperatura ΔU_{ce} del voltaje colector-emisor puede seleccio-
 narse dependiendo del valor de la resistencia óhmica R2.

15 Sin embargo, de esta forma, el componente entero del dio-
 do zener con compensación de temperatura puede equilibrar-
 se a un coeficiente de temperatura óptimo. Con la ayuda de
 solamente un recubrimiento de metal adicional, la disposi-
 ción descrita de la resistencia óhmica R2 y de los recubri-
 20 mientos de contacto 31 a 36 permiten dejar que una, dos,
 tres o cuatro resistencias parciales queden efectivas o
 cortocircuitar el dispositivo total. Existen las condicio-
 nes de cortocircuito siguientes que pueden consistir en
 la capa metálica aplicada correspondientemente, estando in-
 25 dicada su superficie en la figura 16 por los rectángulos
 de trazo continuo.

El recubrimiento de cortocircuito I sirve para
 cortocircuitar las tres resistencias parciales, principal-
 mente las resistencias parciales R21, R22 y R23; además,
 30 el recubrimiento de cortocircuito II cortocircuita la re-



1 2 3
sistencia parcial R2; el recubrimiento de cortocircuito III cortocircuta la resistencia parcial R22 y la resistencia parcial R23; el recubrimiento de cortocircuito IV cortocircuta la resistencia óhmica entera R2; finalmente, el recu
5 brimiento de cortocircuito V cortocircuta el camino colector-emisor de la estructura de transistor T.

Las resistencias óhmicas R1 y R2 con las resistencias parciales correspondientes pueden producirse como se describe con relación al ejemplo de realización de la
10 figura 16 en forma de zonas que tienen tipos de conductividad que están en oposición con el tipo de conductividad del cuerpo semiconductor, y difundidas en la zona de colector común. De acuerdo con otra realización del invento, sin embargo, también se pueden producir las resistencias óhmicas
15 en la forma de capas de resistencia aplicada al cuerpo semiconductor.

El cortocircuito de las resistencias parciales o del camino colector-emisor de la estructura de transistor T se hace ventajosamente con la ayuda de capas metálicas
20 evaporadas, que se evaporan a través de los enmascaramientos correspondientes. De acuerdo con otro tipo de realización, los cortocircuitos, sin embargo, pueden hacerse también con la ayuda de hilos finos que, empleando uno de los tipos convencionales de métodos para unirlos están montados
25 en los recubrimientos de contactos aumentados. La disposición de acuerdo con la figura 16 permite un equilibrio por escalones del coeficiente de temperatura estando determinados los escalones por el valor de resistencia de las resistencias parciales R21 a R24. Esta posibilidad es suficiente
30 te en muchos casos para hacer los ajustes deseados del coe



ficiente de temperatura. Sin embargo puede haber algunos casos en los que se requiera una posibilidad de ajuste más fino y mejorado. En estos casos las resistencias óhmicas R1 y R2 deben disponerse diferentemente. Una de estas disposiciones diferentes se ha mostrado esquemáticamente en la figura 17. Las resistencias óhmicas R1 y R2 están divididas en resistencias parciales R11 a R16 ó R21 a R26 respectivamente. El valor de resistencia de las resistencias parciales está determinado por la longitud respectiva de la zona difundida o depositada. En el ejemplo de realización de la figura 17, esta longitud difiere de la resistencia parcial a la resistencia total, de forma que las resistencias parciales están igualmente dimensionadas diferentemente.

Las resistencias parciales R11 a R16 se eligen así de forma que sus valores de resistencia disminuyan de resistencia a resistencia, mientras que el valor de resistencia de las resistencias parciales R21 a R26 aumenta de resistencia a resistencia. La resistencia óhmica R1 comprende los contactos finales 11 y 17, mientras que la resistencia óhmica R2 comprende los contactos finales 21 y 27. Los contactos 22 a 26 sirven para conectar las resistencias parciales R21 a R26. La disposición de los contactos finales y de los contactos de conexión 11 a 17 y 21 a 27 se hace de forma que por una parte estén dispuestos próximos entre sí en una fila y que por otra parte los contactos correspondientes de las resistencias parciales están dispuestas cada vez opuestas entre sí. De esta forma, los contactos 11 a 17 están dispuestos en una fila, igualmente los contactos 21 a 27, y los contactos 11 y 21, 12



y 22, etc hasta 17 y 27. están dispuestos opuestos entre sí. Entre los contactos dispuestos opuestamente hay depositada una capa de contacto en forma de cinta 28 que está conectada al contacto de base de la estructura de transistor T. Con la ayuda de un solo puente de contacto VI que en la figura 17 conecta los contactos 14 y 24 entre sí y al hilo de contacto 28, se puede hacer un ajuste graduado finamente dentro de amplios límites.

La figura 18, en representación esquemática, muestra otra posibilidad con relación a la disposición de las resistencias de bajo valor óhmico R1 y R2, exactamente como en el ejemplo de realización de la figura 16 en que tiene un valor fijo mientras que la resistencia óhmica R2, de acuerdo con el ejemplo de realización de la figura 17 consiste en resistencias parciales R21 a R25. En esta realización dada a título de ejemplo, se consigue un ajuste al hacer que varios recubrimientos de cortocircuito, en este caso particular, los recubrimientos de cortocircuito VII y VIII, sirven para cortocircuitar resistencias parciales individuales. Así, en la figura 18, las resistencias parciales R22 y R24 están cortocircuitadas. Empleando varios recubrimientos de cortocircuito se puede hacer un ajuste fino y finamente graduado del coeficiente de temperatura.

La figura 19 muestra otra posibilidad de cómo variando el valor de resistencia de la resistencia óhmica R2 puede ajustarse el coeficiente de temperatura. En este ejemplo particular de realización la resistencia R2 consiste en una zona que, con relación a la resistencia óhmica R1 es sustancialmente mayor y está difundida en el cuerpo se



micónductor o incluso es una capa mas amplia depositada de material resistivo. Mediante grabación en el punto indicado por la flecha se quita una cantidad del material resistivo aplicado de la resistencia óhmica R2 con lo que se consigue un ajuste óptimo del coeficiente de temperatura. Este método de ajuste tiene sobre los otros métodos descritos la ventaja de que el valor de resistencia de R2 puede variarse continuamente.

También es posible otra solución diferente para resolver el problema antes mencionado. De acuerdo con otra realización del invento la solución reside en el hecho de que el cuerpo semiconductor que representa la zona de colector común está inserto en otra estructura de transistor, con su colector consistente en una parte de la zona común del colector en la que la base y el emisor de la otra estructura de transistor están puenteados por una resistencia óhmica en que la base de la estructura de transistor está conectada a otra resistencia óhmica en la que el final de esta resistencia óhmica que está lejos de la base y el emisor de la otra estructura de transistor en un punto de separación arbitrario están insertos de tal forma en la conexión serie de las estructuras de transistor que actúan como diodos directos o zener, en que el emisor de la otra estructura de transistor, en el caso de una zona de colector de conducción n está conectada al más negativo de dos terminales de conexión del punto de separación y en el caso de una zona de colector de conducción p al más positivo de dos terminales de conexión en el punto de separación y en que en el caso de un equilibrio necesario del coeficiente de temperatura, el valor de la resistencia



5 óptima de por lo menos una de las resistencias óhmicas se
ajusta por lo menos con un cortocircuito parcial.

Esta posibilidad de resolver el problema es ven-
tajosa sobre todo cuando la relación B de la corriente
5 continúa de colector a la corriente continua de base de
otra estructura de transistor es mayor que la unidad. Las
resistencias óhmicas pueden estar dispuestas en la zona
de colector común q1 tener las zonas un tipo de conducti-
vidad que está en oposición con el tipo de conductividad
10 del cuerpo de semiconductor o puede estar dispuesto en el
cuerpo semiconductor como capas de resistencia deposita-
das en él. El cortocircuito, por lo menos parcial, de las
resistencias óhmicas se hace ventajosamente con la ayuda
de capas metálicas evaporadas, esto es de tal forma que
15 primeramente se evapora una caja metálica de cortocircui-
to totalmente en la que se producen aperturas con una in-
terrupción subsecuente para exponer porciones de las re-
sistencias óhmicas colocadas debajo.

En la figura 20, la estructura de transistor T
20 que, con relación a la estructura de transistor inserto
en el cuerpo semiconductor común de acuerdo con este in-
vento es una estructura individual, se ha representado jun-
to con el divisor de voltaje que consiste en las resis-
tencias óhmicas R1 y R2 en forma de un diagrama de circui-
to equivalente eléctrico. La resistencia óhmica R2 está
25 conectada a la base de la estructura de transistor T y
consiste en las resistencias parciales R21, R22, R23,
R2_n. La resistencia óhmica R1 está dispuesta entre la ba-
se y el emisor de la estructura de transistor T. Con re-
30 lación a esta disposición de circuito y en una buena apro-

ximación, son aplicables las dos relaciones siguientes:

$$U = U_{EB} \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right)$$
$$\frac{\Delta U}{\Delta V} = \frac{\Delta U_{EB}}{\Delta V} \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right)$$

5

10

15

20

25

30

en la que U indica la caída de voltaje en las resistencias de divisor de tensión R₁, R₂ y U_{EB} indica el voltaje base-emisor de la estructura de transistor T. Mediante ΔU y ΔU_{EB} se han indicado las variaciones de voltaje del voltaje de división de voltaje U o del voltaje base-emisor respectivamente, causado por la variación de temperatura indicada por ΔV. Sin embargo, puesto que ahora la variación de voltaje con relación a la temperatura y causada por la temperatura, de la tensión base-emisor U_{EB} asciende a alrededor de -2mV/°C, se puede, variando los valores de resistencia de las resistencias óhmicas R₁ y/o R₂ ajustar la variación de voltaje de división de voltaje U con relación a y causado por la temperatura. Lo que acaba de describirse es conocido per se, por la aplicación impresa alemana (DAS) 1.258.903. Las relaciones establecidas son aplicables sobre todo en los casos en los que la relación B de la corriente continua de colector a la corriente continua de base de otra estructura de transistor es mayor que la unidad, en particular mayor que 10. En ese caso por la resistencia óhmica R₂ circula prácticamente la misma corriente que por la resistencia óhmica R₁ porque con relación a estas corrientes la corriente que circula por el electrodo de base es despreciable.

En la figura 21, la porción de circuito representada en la figura 20 está conectada junto con una dis



posición que actúa como diodo zener con compensación de temperatura. Esta disposición corresponde sustancialmente a la disposición representada en la figura 13. La conexión serie de las estructuras de transistor que actúan como diodos directos o zener respectivamente, está dividida en un punto de separación arbitrario, y en ese punto se inserta la porción de circuito de acuerdo con la figura 20. La inserción se hace de forma que el emisor de la estructura de transistor adicional T está conectada al terminal mas negativo del punto de separación, mientras que el extremo de la resistencia óhmica R2 alejado de la base, está conectado al terminal más positivo del punto de separación. El colector de la estructura adicional de transistor T coincide con la zona de colector común n_C de las estructuras de transistor.

Cualquier ajuste de coeficiente de temperatura de el diodo zener con compensación de temperatura completo que pudiera ser necesario, se consigue haciendo por lo menos un cortocircuitado parcial de una de las dos resistencias óhmicas R1 y R2, Ventajosamente, este cortocircuitado se hace depositando primeramente una capa metálica cerrada en la resistencia respectivamente entera y después esta capa metálica se quita parcialmente de nuevo de la resistencia respectiva. Este tipo de ajuste o equilibrio ofrece la ventaja de que la capa metálica puede aplicarse ya en un primer paso del proceso de fabricación. Si la capa metálica de cortocircuito estuviera solamente aplicada después de terminar y medir el diodo zener con compensación de temperatura, las capas de óxido metálico que se hubieran producido mientras tanto formarían unas resisten-



cias de contacto no deseadas por lo que se haría impreciso en ajuste fino o equilibrio pretendido.

5 La selección libre del punto de separación en el que la estructura de transistor adicional T y las resistencias óhmicas R1 y R2 tienen que insertarse ofrece las ventajas adicionales de que tanto la estructura adicional de transistor T como las resistencias óhmicas R1 y R2 pueden servir para reducir la tendencia de oscilación de la disposición total de circuito.

10 Esta solicitud que corresponde a las presentadas en la República Federal Alemana el 9 de Diciembre de 1967 Nº P.15 89 707.1 (antes D 54814), 20 de Enero de 1968 Nº P 16.39 173.4 (antes D 55161) y 2 de Mayor de 1968 Nº P.17 64 251.2, se acoge a los beneficios del artículo 51 del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.

20 - N O T A -

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

- 30 1.- Un diodo zener con compensación de temperatura en forma de circuito de estado sólido o integrado de

19.12.68

20 DIC.



semiconductores consistentes en varios elementos individuales no lineales, y, de acuerdo con los requerimientos, lineales, situados en un cuerpo semiconductor común de un tipo de conductividad, conectados entre ellos con la ayuda de recubrimientos metalizados depositados, que tiene dos terminales de conexión exterior caracterizado en éste porque como elementos individuales se utilizan mas de dos estructuras de transistor, porque el cuerpo semiconductor presenta la zona de colector común de todas las estructuras de transistor con relación a la corriente total que circula durante el funcionamiento, están conectadas de tal forma en serie que parte de dichas uniones pn base-emisor se excita en la dirección inversa hasta la región de avalanche como diodo zener, y porque su parte restante se excita en la dirección directa como diodos directos, porque para los fines de reducir la resistencia dinámica interna se usa el efecto de transistor de por lo menos una parte de las estructuras de transistor que funcionan como diodos directos, y porque el cuerpo semiconductor está conectado al primer terminal de conexión exterior y porque la base de la última estructura de transistor que actúa como diodo zener, o el emisor de la última estructura de transistor, que actúa como diodo directo, está conectado al segundo de dichos terminales de conexión exterior.

2.- Un diodo zener con compensación de temperatura como el del punto 1 caracterizado en éste porque para ajustar la corriente que circula por las uniones pn individuales, se disponen resistencias óhmicas entre la zona de colector común de un tipo de conductividad que está en oposición con el tipo de conductividad de dicho cuerpo se

19.12.68



micconductor o están dispuestos en dicho cuerpo semiconductor en forma de capas de resistencia depositadas.

5 3.- Un diodo zener con compensación de temperatura como el del punto 2, caracterizado en éste porque una porción de dicha resistencias óhmicas sirven para el ajuste de la corriente que circula por las uniones pn que actúan como diodos zener.

10 4.- Un diodo zener con compensación de temperatura como el de los puntos 1 y 2 caracterizado en éste porque para reducir mas la resistencia dinámica interna se inserta una resistencia óhmica en el conductor de emisor de cada uno de ellos, excepto en el último diodo directo de la cadena y porque el final de dicha resistencia efectiva que no está frente al emisor, o el emisor del último diodo directo, respectivamente están conectados a dicho segundo terminal de conexión exterior.

15 5.- Un diodo zener con compensación de temperatura como el del punto 4 caracterizado en éste porque el final de cada una de dichas resistencias óhmicas que no están frente al emisor, dispuestas en el hilo de emisor que forman parte de un diodo directo está conectado al emisor del diodo directo precedente, y porque el emisor del primer diodo directo de la cadena está conectado directamente al segundo de dichos terminales de conexión exterior.

25 6.- Un diodo zener con compensación de temperatura como el de los puntos 1 a 5 caracterizado en éste porque cada vez que una estructura de transistor actúa como diodo zener, y cada vez que una estructura de transistor actúa como diodo directo están combinadas para formar una configuración de emisor doble y están dispuestos en tal

30



26

forma en una zona común que actúa como la zona de base que tiene un tipo de conductividad que es opuesto al tipo de conductividad de dicho cuerpo semiconductor, y en la zona o región de base, desde una superficie de dicho cuerpo semiconductor y siguientes a cada uno de los otros, hay embebidas dos zonas que actúan como emisores y que tienen la conductividad del mismo tipo que dicho cuerpo semiconductor.

7.- Un diodo zener con compensación de temperatura como el del punto 6 caracterizado en éste porque el factor de amplificación de corriente del transistor lateral constituido por las zonas de emisor están embebidas próximas en la zona de base, ajustándose la resistencia dinámica interna, la calidad de la compensación de temperatura, el ruido mínimo y el voltaje de avalancha de dicho diodo zener.

8.- Un diodo zener con compensación de temperatura como el de los puntos 6 y/o 7, caracterizado en éste porque un número de configuraciones dobles de emisor y, de acuerdo con los requerimientos otras estructuras de transistor que actúan como diodos directos, están conectados en serie en tal forma que el emisor de la primera configuración de emisor doble que forma parte del diodo zener está conectado al primer terminal de conexión exterior, mientras que el emisor de la primera configuración de emisor doble que forma parte del diodo directo está conectada al emisor del diodo zener de la configuración de emisor doble siguiente, y así sucesivamente, hasta la última configuración de emisor doble, con el emisor de diodo directo de la última configuración de diodo doble conectada al segundo de



dichos terminales de conexión exterior, o a la base de la última estructura de transistor de la cadena de diodos directos, porque además entre la base de dicha configuración de emisor doble y el segundo de dichos terminales de conexión exterior hay dispuesta una conexión serie que consiste en resistencias óhmicas, a cuyos puntos de conexión están conectados la base de la estructura de emisor doble siguiente, así como otra resistencia óhmica que lleva cada vez al emisor de diodo directo de la configuración de emisor doble precedente porque además, en el caso de las otras estructuras de transistor que son diodos directos, desde el emisor de diodo directo de dicha última configuración de emisor doble y la base de la última estructura de transistor de diodo directo se extiende una resistencia efectiva al emisor de esta estructura de diodo directo, y porque el emisor y la base de dicha estructura de transistor que es excitado como diodo directo están puenteados por una resistencia óhmica.

9.- Un diodo zener con compensación de temperatura como el del punto 8 caracterizado en éste porque dichas resistencias óhmicas que conectan la base y el emisor del diodo directo de la estructura de transistor precedente están sustituidos por una conexión de conducción directa y porque las resistencias óhmicas que tienen que disponerse semejantemente en los conductores de entrada de emisor de las estructuras de transistor siguientes subsecuentes excitadas como diodos directos están conectadas directamente al segundo de dichos terminales de conexión exterior.

10.- Un diodo zener con compensación de temperatura



tura de acuerdo con el punto 8, caracterizado en éste por
que las resistencias óhmicas que conectan la base y el e-
misor del diodo directo de la estructura de transistor pre-
cedente están sustituidos por una conexión de conducción
5 directa, porque dicha conexión de conducción está interrumpi-
da entre las resistencias óhmicas de la conexión serie,
y porque la base y el emisor del diodo directo de cada con-
figuración de emisor doble están puenteados cada vez por
una de dichas resistencias óhmicas.

10 11.- Un diodo zener con compensación de tempera-
tura como el de uno o mas de los puntos precedentes, carac-
terizado en éste porque seleccionando adecuadamente el va-
lor de resistencia de dichas resistencias de emisor se ha-
ce un ajuste óptimo de la compensación de temperatura.

15 12.- Un diodo zener con compensación de tempera-
tura como el de uno o mas de los puntos precedentes, carac-
terizado en éste porque se ajusta a un ruido mínimo selec-
cionando el valor de resistencia de la resistencia óhmica
que es determinativa de la corriente que circula por di-
chos diodos zener.
20

13.- Un diodo zener con compensación de tempera-
tura como el de uno o mas de los puntos precedentes, carac-
terizado en éste porque en el cuerpo semiconductor que re-
presenta la zona de colector común hay una estructura de
25 transistor con su colector formando parte de la zona de co-
lector común, porque la base y el emisor de dicha otra es-
tructura de transistor están puenteadas por una resisten-
cia óhmica y porque de la misma forma la base y el colec-
tor están puenteados por otra resistencia óhmica, porque
30 el emisor en el caso de una zona de colector de conductivi-



dad tipo n está conectado al punto mas positivo de las estructuras de transistor conectadas en serie y que actúan como diodos directos o zener mientras que en el caso de una zona de colector de conductividad tipo p el emisor es

5 tá conectado al punto mas negativo de la disposición serie y porque en el caso de un ajuste necesario del coeficiente de temperatura, el valor óptimo de resistencia de por lo menos una de dichas resistencias óhmicas se ajusta mediante por lo menos un cortocircuito parcial.

10 14.- Un diodo zener con compensación de temperatura como el del punto 13 caracterizado en éste porque dichas resistencias óhmicas consisten en resistencias parciales dispuestas en serie.

15 15.- Un diodo zener con compensación de temperatura como el de los puntos 13 ó 14 caracterizado en éste porque dichas resistencias óhmicas tanto las de la zona del colector que actúan como zonas de conductividad opuesto al tipo de conductividad del cuerpo semiconductor, o en el cuerpo semiconductor están dispuestas en forma de

20 capas de resistencia aplicada o depositadas.

25 16.- Un diodo zener con compensación de temperatura como el de los puntos 13 a 15 caracterizado en éste porque el valor óptimo de resistencia de dichas resistencias óhmicas se ajusta mediante por lo menos un cortocircuito parcial hecho con la ayuda de capas metálicas evaporadas.

30 17.- Un diodo zener con compensación de temperatura como el del punto 16 caracterizado en éste porque dichas capas metálicas están evaporadas a través de enmascaramientos.

26 DIC 1958

5 18.- Un diodo zener con compensación de temperatura como el de los puntos 13 a 15 caracterizado en éste porque el valor óptimo de resistencia de dichas resistencias óhmicas puede cortocircuitarse al menos parcialmente con la ayuda de conexiones de hilo producidas empleando métodos convencionales de unión.

10 19.- Un diodo zener con compensación de temperatura de acuerdo con los puntos 13 y 14 caracterizado en éste porque los extremos de las resistencias parciales y las zonas de la estructura de transistor, y en una capa de material aislante en la que se dejan libres estos recubrimientos de contacto, se depositan recubrimientos metálicos de áreas superficiales mayores de los que algunos sirven también como conexiones intermedias, porque los 15 recubrimientos metálicos de mayor área están dispuestos adyacentes, porque dos bordes laterales de los recubrimientos metálicos próximos de mayores superficies se extienden paralelos entre sí, y porque con la ayuda de una sola capa metálica aplicada a los dos recubrimientos metálicos inmediatos de mayor superficie o con la ayuda de 20 un hilo de conexión se hace un ajuste óptimo del coeficiente de temperatura.

25 20.- Un diodo zener con compensación de temperatura como el de uno o más de los puntos precedentes caracterizado en éste porque subsecuentemente a la producción de todas las resistencias óhmicas y estructuras de transistor citados se mide el coeficiente de temperatura del diodo zener con compensación de temperatura y porque subsecuentemente a la medida se aplican capas metálicas de cortocircuito o hilos de conexión de cortocircuito respecti-



vamente.

21.- Un diodo zener con compensación de temperatura como el de los puntos precedentes caracterizado en éste porque en vez de conexiones de cortocircuito se qui
5 tan porciones de dichas resistencias mediante ataque con ácido o arena.

22.- Un diodo zener con compensación de temperatura como el de uno o mas de los puntos precedentes ca
10 racterizado en éste porque en el cuerpo semiconductor que representa la zona de colector común hay inserta otra es
tructura de transistor consistiendo su colector en una par
te de la zona común de colector; porque la base y el emi
sor de la otra estructura de transistor están puenteados por una resistencia óhmica, porque a la base de la estruc
15 tura de transistor está conectada otra resistencia óhmica, porque el extremo de esta resistencia óhmica distan
te de la base, y el emisor de la otra estructura de tran
sistor, en un punto de separación arbitrario están inser
20 tos en tal forma en la conexión serie de las estructuras de transistor que actúan como diodos directos o zener, que el emisor de la otra estructura de transistor, en el caso de una zona de colector de conductividad n está co
nectado al mas negativo de los dos terminales de conexión del punto de separación, y en el caso de una zona de co
25 lector de conductividad p, al mas positivo de los dos terminales de conexión del punto de separación, y porque en el caso de un equilibrio necesario del coeficiente de temperatura, el valor de resistencia óptimo de por lo me
30 nos una de las resistencias óhmicas se ajusta por lo menos mediante un cortocircuito parcial.

19.12.68



23.- Un diodo zener con compensación de temperatura como el del punto 22 caracterizado en éste porque la relación B de corriente continua de colector a corriente continua de base de la otra estructura de transistor es mayor que la unidad.

24.- Un diodo zener con compensación de temperatura como el del punto 23 caracterizado en éste porque dicha relación B es mayor que diez.

25.- Un diodo zener con compensación de temperatura como el de uno o mas de los puntos 22 a 24 caracterizado en éste porque las resistencias óhmicas están dispuestas en la zona de colector común como zonas de un tipo de conductividad que está en oposición con el tipo de conductividad del cuerpo semiconductor, o están dispuestas en el cuerpo semiconductor en forma de capas de resistencia depositadas en él.

26.- Un diodo zener con compensación de temperatura como el de uno o mas de los puntos 1 a 4 caracterizado en éste porque el valor óptimo de resistencia de dichas resistencias óhmicas se ajusta mediante por lo menos un cortocircuito parcial con la ayuda de capas metálicas evaporadas.

27.- Un diodo zener con compensación de temperatura como el del punto 5 caracterizado en éste porque dichos cortocircuitos están producidos por la evaporación de una capa metálica de cortocircuito completo, y por la interrupción subsecuente de dicha capa metálica.

28.- Un diodo zener con compensación de temperatura como el de uno o mas de los puntos 1 a 6 caracterizado en éste porque dicha estructura de transistor (a-



dicional) y dichas resistencias óhmicas están insertas en la conexión serie de las estructuras de transistor en puntos en los que las resistencias óhmicas sirven para reducir la tendencia a oscilar.

5 29.- Un diodo zener con compensación de temperatura.

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

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

Madrid,

P.A.

26 DIC. 1968.

Alberto de Echeburúa
Per. Podes.

19.12.68
IMF

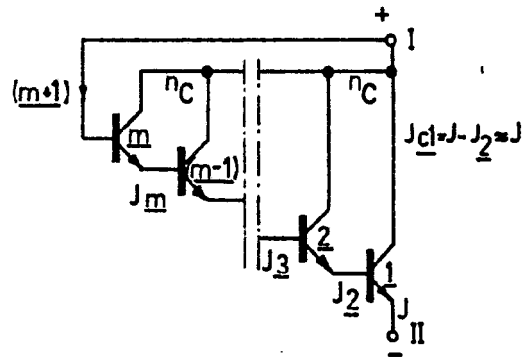


Fig. 4

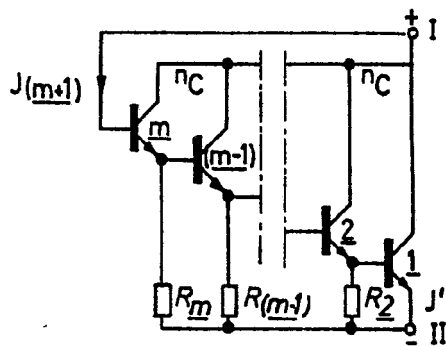


Fig. 5

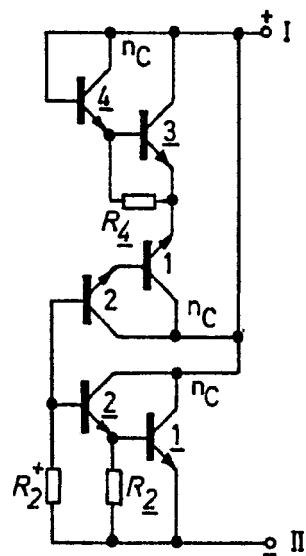


Fig. 7

Handwritten signature or initials.

1270271



133/3

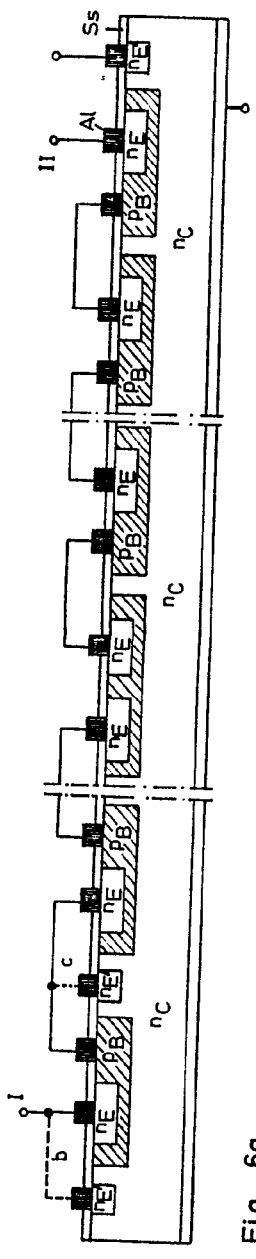


Fig. 6a

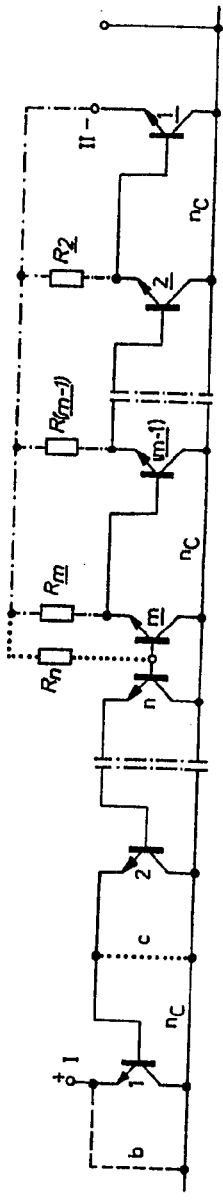


Fig. 6b

Wala

POOR QUALITY

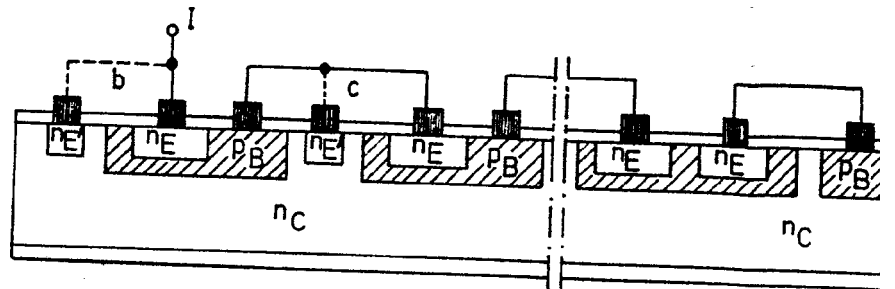


Fig. 6a

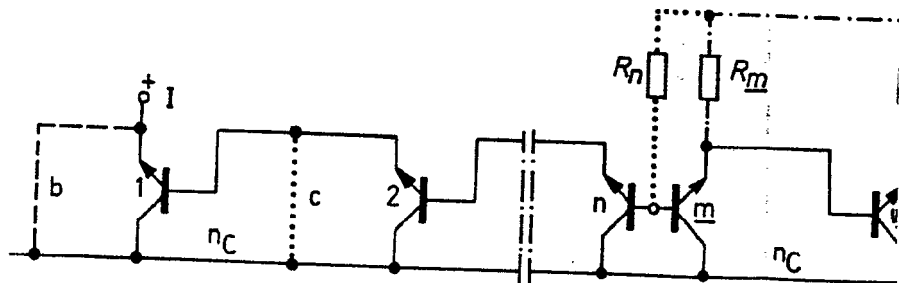
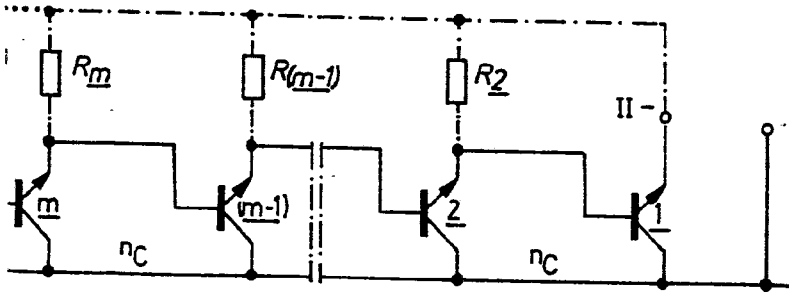
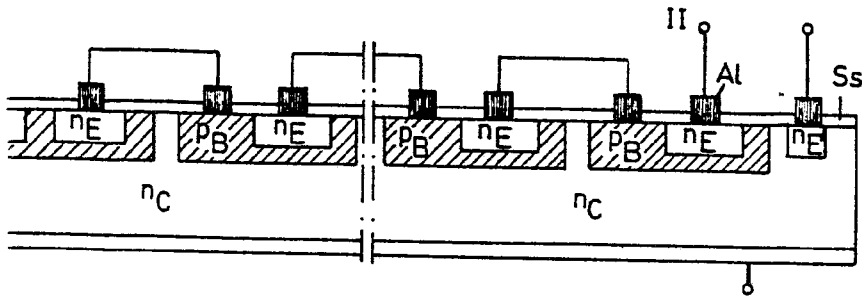


Fig. 6b

040271



Arh

**POOR
QUALITY**

VTF

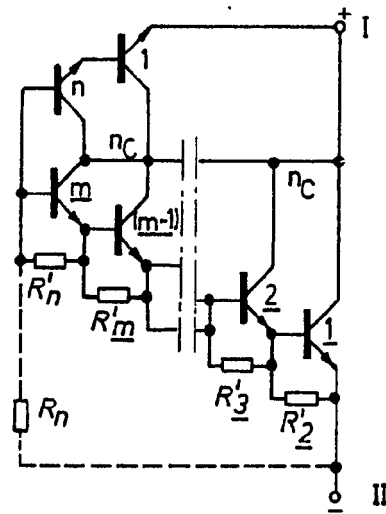


Fig. 8

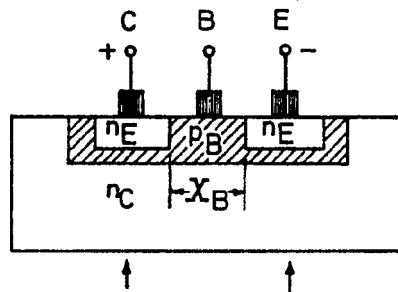


Fig. 9

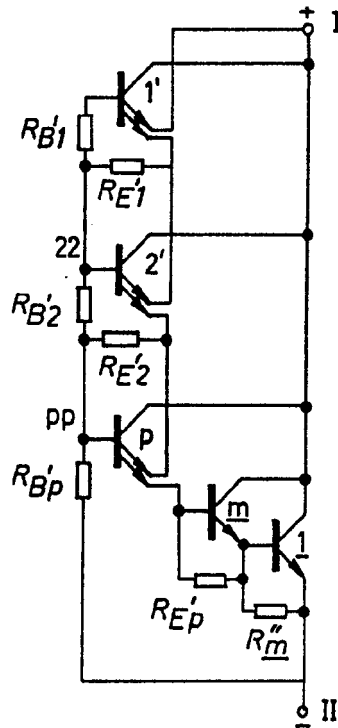


Fig. 11

Handwritten signature or initials.

PL 227

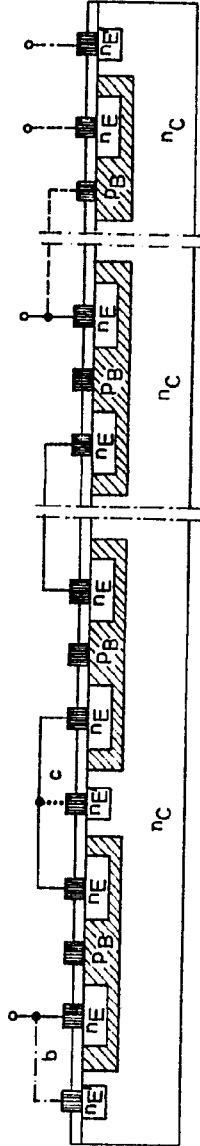


Fig. 10a

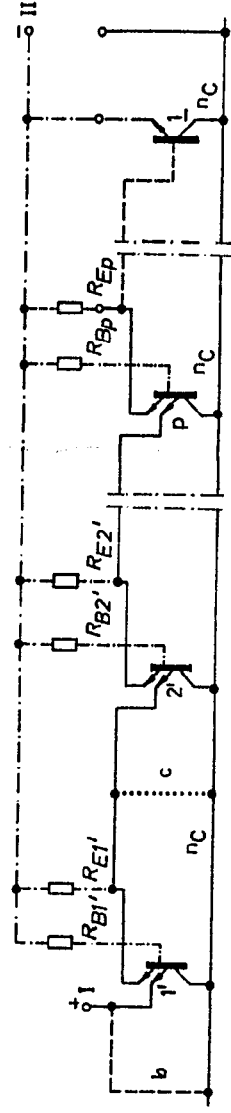


Fig. 10b

Q. V. L.

POOR QUALITY

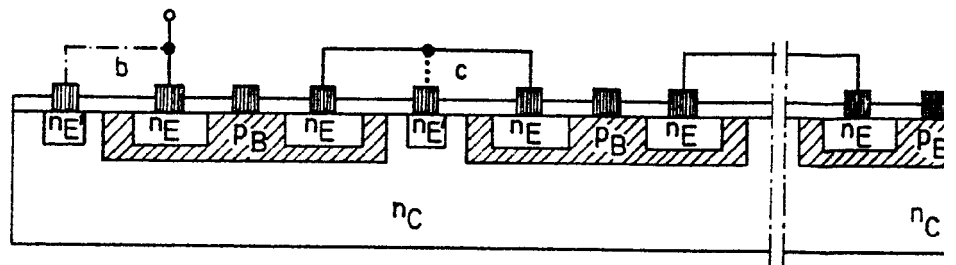


Fig. 10a

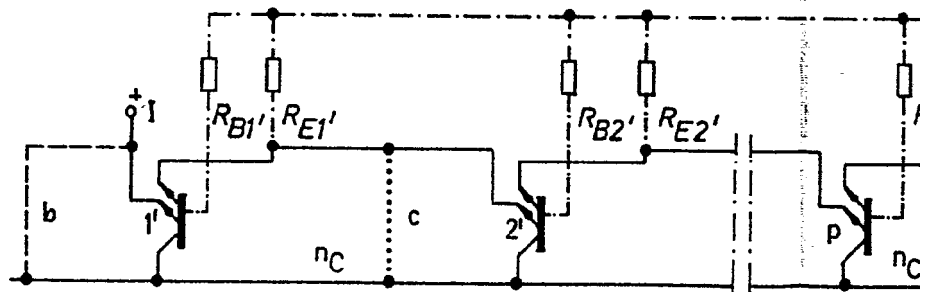


Fig. 10b

Рис. 271

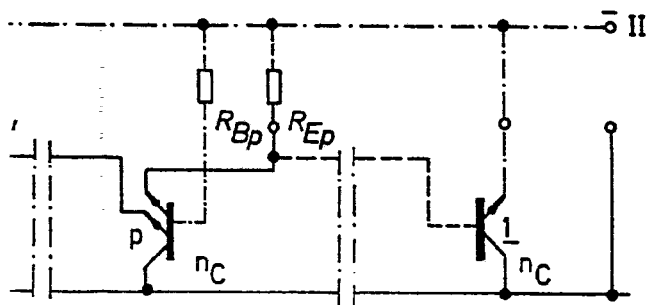
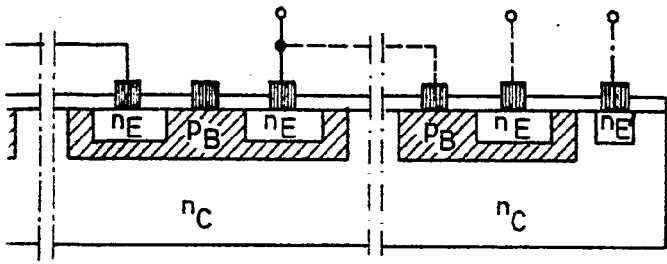


Рис. 276

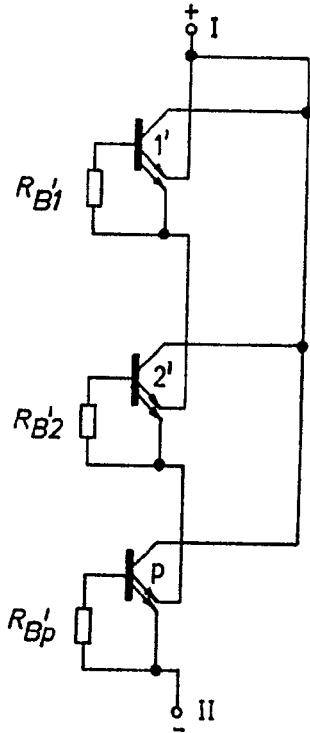


Fig. 13

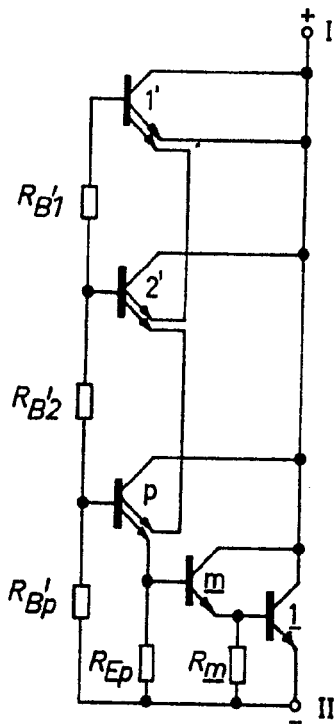


Fig. 12

Handwritten signature or initials.

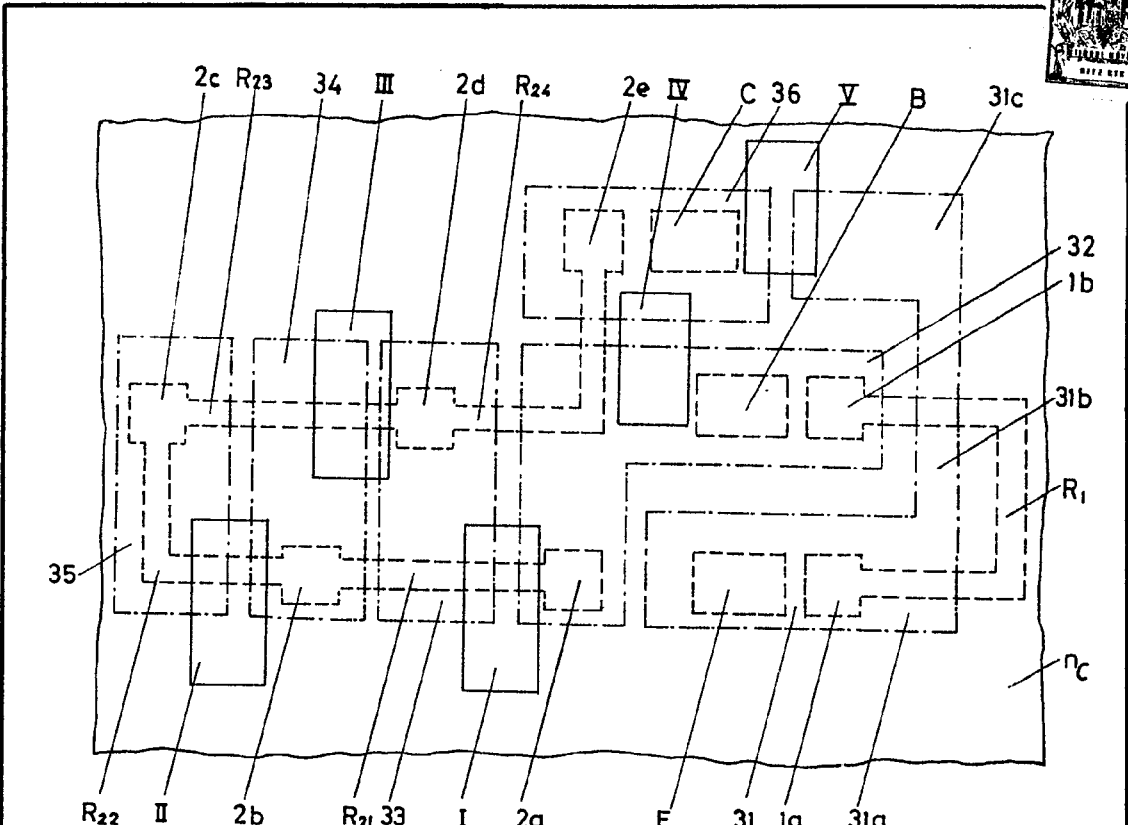


Fig. 16

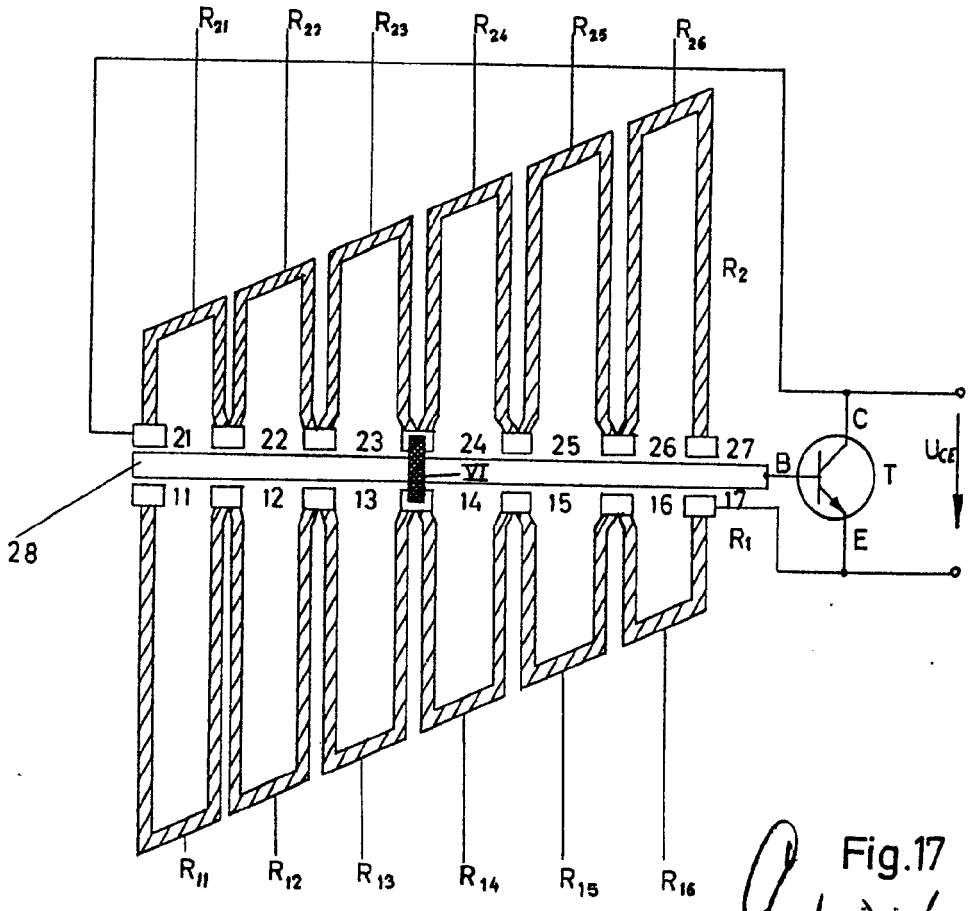


Fig. 17

Q. V. L.

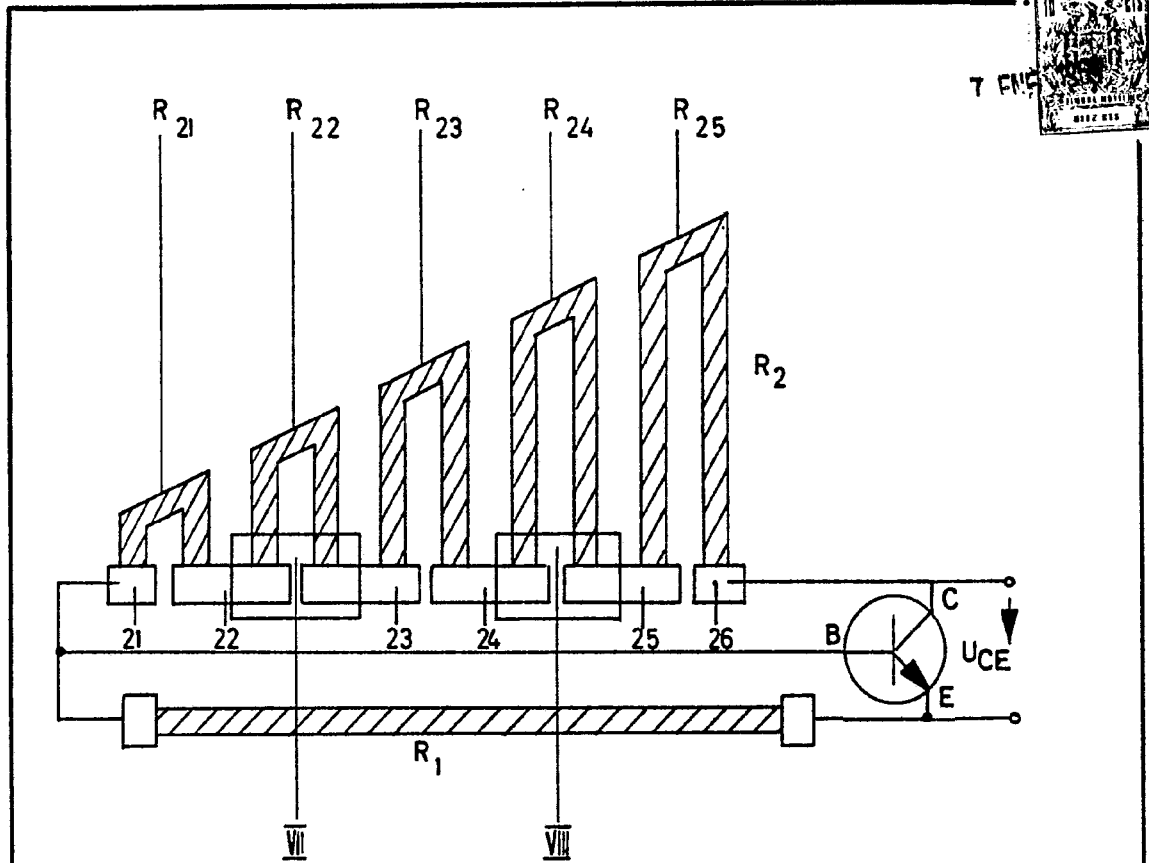


Fig. 18

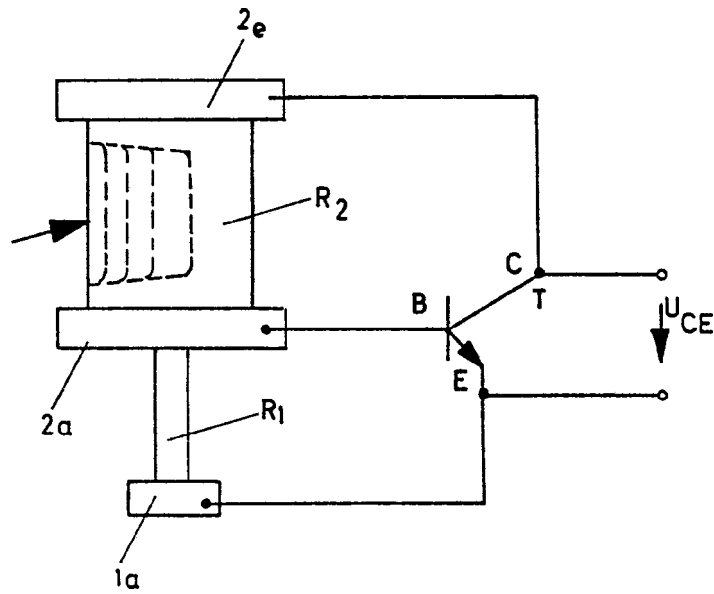


Fig. 19

Ardu

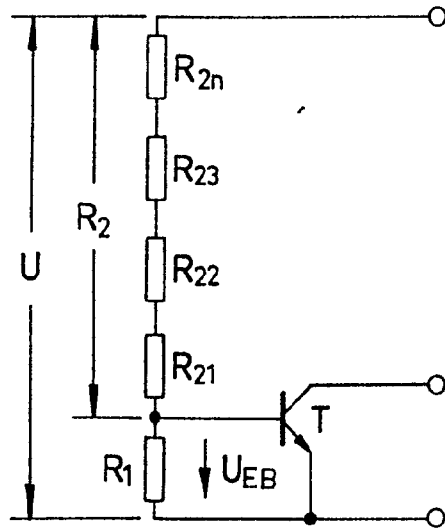


Fig. 20

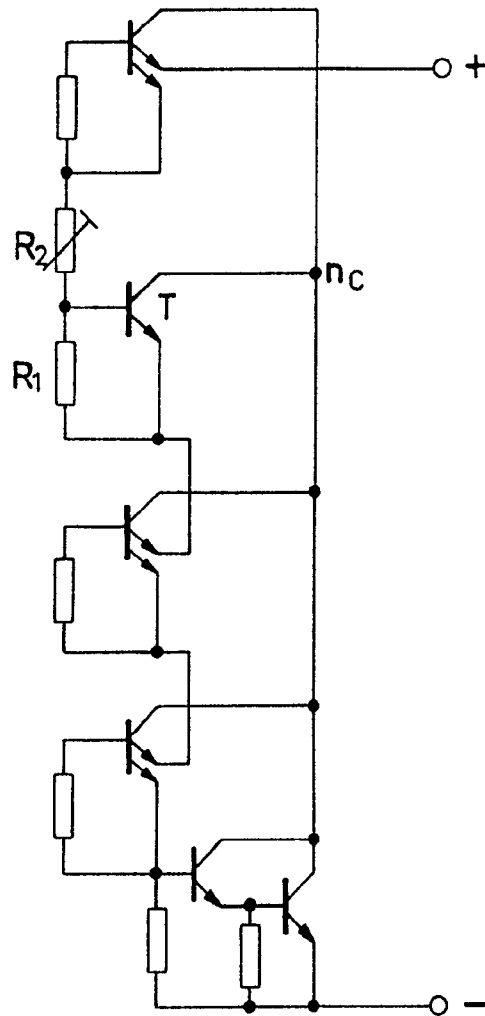


Fig. 21

Handwritten signature or initials.