

371301

SECCION TECNICA
CLASIFICACION I. P. C.
CLASE <u>H 03</u>
SUBCLASE <u>F</u>

P.-42.614

PHN 3460 Spain
VD/CV

371301

Memoria descriptiva

2079 1959



para solicitar PATENTE DE INVENCION por 20 años

a nombre de N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN

entidad / ~~de nacionalidad~~ holandesa

con domicilio en Emmasingel 29, Eindhoven, Holanda

por: "DISPOSITIVO SEMICONDUCTOR PARA LA AMPLIFICACION
DE MICRO-ONDAS" (Clase Internacional HO3f)

1.9.69



La invención se refiere a un dispositivo semiconductor para la amplificación de micro-ondas que comprende una capa semiconductor que tiene al menos dos contactos conectores capa en que puede ser producida una resistencia diferencial negativa cuando se aplica una tensión continua suficientemente elevada entre los contactos conectores.

Tales dispositivos son conocidos; los mismos son usados para producir o amplificar señales eléctricas de alta frecuencia. Los mismos se basan en el fenómeno de que en algunos materiales semiconductores, por ejemplo arseniuro de galio, telururo de cadmio, fosfuro de indio y seleniuro de cinc, a una intensidad de campo suficientemente elevada (el valor límite para el arseniuro de galio es aproximadamente 3,5 kV/cm), se produce una transferencia de electrones en la banda de conducción desde un estado de energía más bajo y una movilidad más alta a un estado de energía más alto y una movilidad más baja. Como resultado se produce una resistencia diferencial negativa en un rango de tensión determinado. Esta resistencia diferencial negativa puede ser utilizada para la amplificación de señales eléctricas. La intensidad de campo requerida se obtiene aplicando una tensión continua suficientemente alta entre los dos contactos conectores, el contacto de cátodo y el contacto de ánodo, dispuestos sobre la capa semiconductor.

Bajo ciertas condiciones, dicha transmisión de electrones en tales estructuras puede producir no solamente una resistencia diferencial negativa sino también la formación de regiones de intensidad de campo

371301



elevada, llamadas dominios, que se trasladan en la capa activa desde el contacto de cátodo hacia el contacto de ánodo a una velocidad que es aproximadamente igual a la velocidad de desplazamiento de los electrones. Así se producen oscilaciones de alta frecuencia entre los contactos conectores, pero en los dispositivos de la clase antes mencionada, a los que se refiere la invención, estas oscilaciones son indeseables y deberían ser evitadas. Mediante cálculos puede encontrarse que esta formación de dominios puede ser evitada cuando el producto de la concentración n_0 de los portadores de carga mayoritarios en la capa semiconductor y la distancia L entre los contactos conectores es menor que un valor límite determinado. Esto puede ser explicado de la manera siguiente. Cuando entre el contacto de cátodo y el contacto de ánodo es producida una diferencia local en la densidad de los electrones, y por lo tanto una región de carga especial, por ejemplo, mediante una señal de entrada aplicada entre el ánodo y el cátodo, esta región de carga especial se desplazará desde el cátodo al ánodo y exhibirá un crecimiento debido a la resistencia diferencial negativa producida por la diferencia de tensión entre el ánodo y el cátodo en la capa semiconductor. El crecimiento de esta región de carga especial debe ser limitado, debido a que, con un crecimiento excesivo, se producen los antes mencionados dominios. En los dispositivos conocidos, todas las líneas de campo eléctrico provenientes de dicha carga especial se extenderán prácticamente paralelas al campo aplicado entre el cátodo y el ánodo y contribuirán a dicho crecimiento de la carga

371301

8 SEP 1969



5 espacial. Por lo tanto, la distancia entre el ánodo y el cátodo de los dispositivos conocidos está limitada a unos pocos micrones, mientras que además la concentración de dopado n_0 de la capa no debe ser demasiado alta. Si no está presente ninguna causa externa de generación de portadores de carga, tal como una radiación, el valor n_0 corresponde sustancialmente a la concentración de dopado. Con una capa epitaxial de arseniuro de galio de tipo n, que es frecuentemente usada en tales dispositivos, dicho valor límite de $n_0 \times L$ es del orden de 10^{12} cm⁻² (n_0 es electrones/cm³ y L en cm).

10 A fin de reducir las limitaciones a las que están sometidos los mencionados dispositivos conocidos, se ha propuesto unir la capa semiconductor a una región de límite de resistividad más alta, y preferiblemente de una constante dieléctrica más alta que la capa semiconductor. Así, una parte comparativamente grande de las líneas de campo procedentes de la carga espacial pasarán a través de dicha región de límite de modo que en la dirección de la capa la componente de intensidad de campo (la intensidad de campo longitudinal) que determina dicho crecimiento, es considerablemente reducida, lo que permite utilizar una distancia L considerablemente más grande entre los contactos conectores y/o una concentración de dopado n_0 considerablemente más alta de la capa semiconductor activa.

20 La invención tiene por objeto proveer una construcción en que se logra una deflexión muy efectiva de las líneas de campo procedentes de la carga espacial en una dirección transversal de la capa semiconductor

30
371301



con la ayuda de medios muy simples.

La invención se basa en el conocimiento del hecho de que proveyendo una capa eléctricamente buena conductora, separada de la capa semiconductor activa por una capa de bloqueo, puede obtenerse la misma mencionada deflexión de las líneas de campo, de una manera simple.

Por lo tanto, de acuerdo con la invención, un dispositivo semiconductor de la clase antes mencionada para la amplificación de micro-ondas se caracteriza porque al menos un lado de la capa semiconductor está provisto con una capa electricamente buena conductora que está electricamente separada de la capa semiconductor por una capa de bloqueo y tiene una resistencia laminar inferior que la de la capa semiconductor, estando los contactos conectores separados uno del otro en la dirección de la capa, de modo que no pueden formarse dominios de intensidad de campo elevada en la capa semiconductor.

La expresión resistencia laminar indica como es usual, la resistividad de la capa dividida por su espesor. Esta resistencia laminar es expresada en Ohm/cuadrado.

Debido a la presencia de la capa buena conductora, las líneas de campo procedentes de dicha carga especial son desviadas en una gran parte en una dirección transversal de la capa semiconductor y se extienden en lo demás dentro de la capa buena conductora, de modo que se logra el antes mencionado efecto ventajoso, esta es la inhibición de la formación de dominios y el conse-

371301



cuente incremento del producto $n_0 L$ máximo permisible.

La deflexión de las líneas de campo logradas en el dispositivo de acuerdo con la invención es particularmente efectiva, dado que la distribución de campo resultante corresponde aproximadamente a la que puede obtenerse si la capa semiconductora estuviera unida a una región de límite como se ha mencionado precedentemente, pero que tiene una constante dieléctrica infinitamente alta.

Otra ventaja importante del dispositivo de acuerdo con la invención consiste en que muchos dispositivos conocidos tienen la capa buena conductora y la capa de bloqueo de forma que pueden ser aplicadas sustancialmente sin etapas de fabricación adicionales, de modo que el dispositivo de acuerdo de la invención puede ser fabricado por un método que requiere muy poco trabajo.

Aunque básicamente la capa semiconductora puede ser hecha de un material policristalino, se preferirá usar una capa monocristalina en vista de las resistencias de transición que se producen frecuentemente en los límites granulares y otras perturbaciones.

El espesor de la capa semiconductora está sujeto a límite, dado que el espesor de la capa epitaxial activa es grande en comparación con la dimensión de la región de carga especial en la dirección de la capa, una parte comparativamente grande de las líneas de campo se extenderán dentro de la capa desde el cátodo hacia el ánodo a pesar de la presencia de la capa de bloqueo y la capa buena conductora. Por lo tanto es de-

371301



seable, a fin de inhibir tanto como sea posible la formación de dominios, que el espesor de la capa epitaxial activa sea considerablemente menor, preferiblemente al menos dos veces menor que el largo de un dominio, medido desde el cátodo al ánodo, que podría formarse en el caso de un espesor de capa ilimitado. Este largo del dominio depende de varios factores. Puede demostrarse (ver Bell System Technical Journal, vol. 46, Diciembre 1967, No. 10, pag. 2257) que el largo del dominio es sustancialmente igual a

$$\sqrt{\frac{2V \epsilon_0 \epsilon_r}{en_0}}$$

en que V es la caída de tensión en voltios sobre un dominio, ϵ_r es la constante dieléctrica relativa a la capa n_0 es la concentración de portadores de carga mayoritarios por m^3 , e es la carga de electrones en culombios y ϵ_0 es la constante dieléctrica del vacío en Faradios/m.

Consecuentemente, el largo mínimo del dominio se produce a la intensidad de campo crítica mínima E_c a la que puede formarse un dominio en el material de consideración. En la práctica se ha encontrado que en aproximación:

$$V = \frac{E_c L}{2}$$

en que L es la distancia (mínima) entre los contactos

371301



conectores. El largo mínimo de dominio por lo tanto, es aproximadamente:

$$\sqrt{\frac{E_c \cdot L \cdot \epsilon_0 \cdot \epsilon_r}{en_0}}$$

Una realización importante preferida de la invención, se caracteriza porque el espesor de la capa epitaxial es como máximo igual a

$$\frac{1}{2} \sqrt{\frac{E_c \cdot L \cdot \epsilon_0 \cdot \epsilon_r}{en_0}}$$

en que E_c es la intensidad de campo crítica en voltios/m por encima de la cual pueden formarse dominios en el material semiconductor de la capa, L es la distancia menor en m entre los contactos conectores, ϵ_r es la constante dieléctrica relativa de la capa, e es la carga de electrones en Culombios, n_0 es la concentración de portadores mayoritarios de la capa por m^3 y ϵ_0 es la constante dieléctrica del vacío en faradios/m. Esto resulta en un límite superior para la relación entre el espesor de capa y la distancia entre contactos debajo de la cual es grandemente inhibida la formación de dominios. En relación con la condición limitativa antes mencionada en relación al espesor de la capa, el espesor es preferiblemente elegido como máximo igual a 5 μm y preferiblemente, como máximo, igual al micrómetro, de modo que la

371301



tensión, distancia de los contactos y dopado usuales, se evita la formación de dominios en espesores de capa que en lo demás pueden ser obtenidos de manera simple por medios tecnológicos.

5 La capa de bloqueo destinada a proteger a la capa semiconductor activa, subyacente contra cortocircuitos de la capa buena conductora, puede ser formada de varias maneras. En una realización preferida importante de la invención, la capa de bloqueo es formada por una capa aislante aplicada a la capa semiconductor activa, siendo la capa buena conductora aplicada a la primera. La capa aislante puede ser hecha de cualquier material aislante. La capa aislante, ventajosamente, está hecha de sílice o nitruro de silicio. El nitruro de silicio puede ser aplicado con resultados muy efectivos, especialmente el arseniuro de galio. Una ventaja importante del uso de una capa aislante como capa de bloqueo consiste en que en muchas construcciones conocidas de dispositivos semiconductores para amplificación de micro-ondas, está provista una capa aislante, a menudo una capa de óxido de silicio, obteniéndose los contactos de cátodo y de ánodo por medio de capas metálicas aplicadas a la capa aislante y que establecen un contacto con la capa semiconductor a través de ventanas en la capa aislante. Mediante un adecuado cambio de las máscaras utilizadas para aplicar la capa aislante y las capas metálicas, puede proveerse la capa aislante y la capa buena conductora sobre la misma, en este caso una capa del mismo metal que los contactos conectores, de acuerdo con la invención, sin necesidad de etapas adicionales.

10

15

20

25

30

371301



El espesor de la capa aislante puede variar dentro de límites amplios, pero preferiblemente está comprendido entre aproximadamente 0,1 micrón y aproximadamente 1 micrón.

5 La capa buena conductora está constituida preferiblemente por una capa metálica que puede formar una barrera Schottky con la capa semiconductor subyacente. Esto tiene la ventaja que si la capa aislante presenta defectos en la forma de pequeños agujeros el
10 metal no forma un corto circuito con la capa semiconductor a través de dichos agujeros, dado que está eléctricamente separado de la misma por la barrera Schottky.

 La capa de bloqueo como conjunto, puede estar formada por una barrera Schottky. Por lo tanto,
15 en otra realización preferida, la capa semiconductor está provista con una capa metálica que forma una barrera Schottky que sirve como una capa de bloqueo con la capa semiconductor, siendo polarizada dicha barrera en la dirección inversa durante el funcionamiento. Esta
20 estructura tiene la ventaja de que no es necesario proveer una barrera separada.

 La capa de bloqueo, como alternativa, puede estar formada por la capa de agotamiento de una
25 juntura pn. En otra realización preferida de la invención, la capa semiconductor activa se une a una segunda capa semiconductor del tipo de conductividad opuesta, que tiene una resistividad menor, que está eléctricamente aplicada de la primera capa por la capa de agotamiento de la juntura pn formada por las dos capas semiconductoras y es polarizada en la dirección inversa
30

371301

SEP 1968



durante el funcionamiento.

La segunda capa semiconductor puede ser hecha del mismo material semiconductor que la primera capa o de un material semiconductor diferente.

5 La capa semiconductor activa puede ser auto-soportante. En la mayoría de los casos, sin embargo, debido al aumento de la rigidez, la capa semiconductor es aplicada a un sustrato. Este puede ser un sustrato de material cerámico. En una realización importante preferida, la capa semiconductor activa es aplicada
10 en la forma de una capa epitaxial a un sustrato semiconductor del mismo material semiconductor o de un material diferente que tiene una constante de reticulado adecuada.

15 Si se usa una juntura pn como capa de bloqueo, la segunda capa semiconductor del tipo de conductividad opuesto, adyacente a la primera capa semiconductor activa puede formar parte del sustrato, lo que significa que la segunda capa semiconductor puede estar formada por el sustrato como conjunto o por una
20 capa superficial del sustrato.

En todas las realizaciones preferidas precedentes mencionadas, una capa de bloqueo y una capa buena conductora pueden ser provistas sobre ambos
25 lados de la capa semiconductor activa a fin de aumentar el efecto deflector.

La capa buena conductora puede formar una capa coherente única. Sin embargo, en una realización preferida importante, la capa buena conductora
30 está dividida entre los contactos conectores en capas

371301



parciales, por medio de uno o más espacios que se extienden substancialmente paralelos a las líneas equipotenciales entre los contactos conectores. Los espacios y los bordes enfrentados de los contactos de ánodo y de cátodo no necesitan ser rectos. También pueden usarse contactos conectores concéntricos y espacios anulares anulares concéntricos con los mismos u otras disposiciones geométricas de mayor complejidad. Esta subdivisión de la capa buena conductora en capas parciales tiene la ventaja que pueden evitarse saltos de tensión excesivamente altos sobre la capa de bloqueo, dado que las capas parciales actuarán a potenciales relativamente diferentes.

Dichas capas parciales pueden estar en una condición eléctricamente flotante durante el funcionamiento, adaptándose el potencial de cada capa parcial por sí mismo al potencial para la parte subyacente de la capa semiconductor.

En una realización preferida importante la capa buena conductora o al menos una de las capas parciales está provista de un conductor conector. Es ventajoso conectar uno o más de estos conductores, durante el funcionamiento, a un potencial externo que es sustancialmente igual al potencial promedio de la parte de la capa semiconductor activa a la que está aplicada la capa parcial correspondiente, más la tensión de polarización sobre la capa de bloqueo. De esta manera se asegura la distribución de potencial deseado entre las varias capas parciales.

El ancho del espacio entre capas parcia-

37 130 1



les adyacentes preferiblemente es tan pequeño que no pueden formarse dominios en la capa semiconductoras activa entre estas capas parciales o, en otras palabras, que el valor límite del antes mencionado producto $n_0 L_g$ (en que L_g es el ancho del espacio) no sea sobrepasado en los espacios. Esto significa un límite superior para L_g . El ancho mínimo del espacio es determinado, naturalmente, por la tensión de ruptura entre las capas parciales. En vista de esto, el ancho del espacio será elegido en la práctica tan pequeño como sea posible.

La capa semiconductoras activa, preferiblemente consiste de arseniuro de galio del tipo n, que tiene una resistividad de aproximadamente 0,1 a 10 ohm/cm.

La capa semiconductoras activa puede ser ventajosamente aplicada a un substrato de arseniuro de galio semi-aislante de una resistividad de al menos 1000 ohmios/cm de modo que también sobre el lado del substrato se obtiene una amplificación adicional de la deflexión de las líneas de campo.

En una realización preferida importante, la capa buena conductora, o al menos una de las capas parciales está conectada, durante el funcionamiento, a un potencial externo variable, de modo que la amplificación del dispositivo puede ser modulada. Si se aplica a la capa correspondiente un potencial tal que a través de la capa de bloqueo se induce una capa de agotamiento en la capa semiconductoras activa, la amplificación de la onda de carga espacial que pasa desde el cátodo al ánodo será reducida debido a la falta de electrones en la región de agotamiento. Variando la tensión de modulación

371301



puede así ser modulada la amplificación.

Otro dispositivo preferido, muy importante de acuerdo con la invención, en que puede realizarse en grado óptimo de una manera simple el acoplamiento de entrada y de salida de la señal de entrada y de la señal de salida, respectivamente, se caracteriza porque se provee un contacto de entrada entre el contacto de cátodo y el contacto de ánodo, siendo suministrada una señal alterna que debe ser amplificada entre el contacto de entrada y el primer contacto conector. En tal realización que comprende un contacto de entrada separado puede obtenerse un acoplamiento de entrada inmejorable, independientemente de la distancia entre los contactos conectores. Puede calcularse que se obtiene un acoplamiento de entrada óptimo cuando L_1 es aproximadamente igual a $n \cdot \frac{v}{f}$, en que L_1 es la distancia en cm entre el contacto de entrada y el primer contacto conector, v es la velocidad de desplazamiento en cm/seg de los portadores de carga mayoritarios en la capa epitaxial, f es la frecuencia de la tensión alterna que debe ser amplificada y n es un entero. De manera bastante independiente de las exigencias que debe cumplir el acoplamiento de entrada, el valor de L , la distancia entre cátodo y ánodo, puede ser elegida de modo que resulte óptima con respecto a las propiedades eléctricas y el espesor de la capa epitaxial. En una realización en que solamente están provistos los dos contactos conectores a una distancia relativa L , una amplificación máxima requiere que L sea $\approx n \cdot \frac{v}{f}$, en que n , v y f tienen el significado antes mencionado; véanse Transactions I.F.E.E., Vol.

371301



13, Enero 1966, pags. 4 a 21, particularmente página 16, Figura 9. Aún más ventajosa en esta relación es otra realización preferida en que está provisto no solamente un contacto de entrada sino también un contacto de salida entre los contactos conectores. En este caso es posible, independientemente de otros factores, proveer un acoplamiento de salida óptimo, para el que es válido, como puede ser calculado, que la distancia entre el contacto de salida y el segundo contacto conector, en particular, debería ser igual a $(m + 1/2) \cdot \frac{v}{f}$, en que v y f tienen el significado antes mencionado y m es un entero. Los contactos de entrada y de salida pueden estar formados por las capas parciales que están ubicadas a los costados de los contactos conectores. Cuando se usa una juntura pn como capa de bloqueo, la segunda capa del tipo de conductividad opuesta al de la capa semiconductor activa, puede ser provista con un conductor conector y formar un contacto de entrada y de salida común del dispositivo.

La invención será descrita a continuación más detalladamente con referencia a unas pocas realizaciones y al dibujo, en que

La Figura 1 muestra esquemáticamente y en perspectiva un dispositivo de acuerdo con la invención.

La Figura 2 muestra esquemáticamente y en perspectiva otro dispositivo de acuerdo con la invención, y

La Figura 3 muestra un tercer dispositivo de acuerdo con la invención.

371301



Las Figuras son esquemáticas y por razones de claridad las dimensiones no están dibujadas a escala. Esto es válido particularmente para las dimensiones en la dirección de espesor. En todas las Figuras, partes correspondientes están indicadas por los mismos números de referencia.

La Figura 1 muestra esquemáticamente una vista en perspectiva de un dispositivo semiconductor de acuerdo con la invención. Este dispositivo comprende un substrato 1 de arseniuro de galio semi-aislante que tiene una resistividad de 10^4 Ohm.cm, un espesor de 75 micrones y un ancho de 100 micrones, sobre el que es depositada una capa epitaxial 2 de arseniuro de galio de tipo n de una resistividad de 1 Ohm.cm y un espesor de 1 micrón. Sobre dicha capa son depositados en la dirección de la capa dos contactos conectores, un conjunto de cátodo 3 y un contacto de ánodo 4, separados uno del otro y formados por tiras de estaño paralelas, aleadas.

La distancia L entre los contactos 4 y 3 es de 315 micrones.

En la capa 2 puede ajustarse una resistencia diferencial negativa entre los conectores 3 y 4. Para este fin debe aplicarse una tensión continua tan alta entre estos contactos, que la intensidad de campo en la capa, exceda de un valor crítico de aproximadamente 3,5 kV/cm. En el dispositivo en consideración la diferencia de tensión crítica entre el cátodo y el ánodo es por tanto $0,0315 \times 3500 = 110$ V.

Sobre la capa semiconductor 2 es depositada una capa de oro 6 de un espesor de 1 micrón, que

371301



está dividida por espacios 5 de 5 micrones de ancho, en capas parciales 6A a F, que tienen la forma de tiras mutuamente paralelas que se extienden también paralelas a los contactos conectores 3 y 4 y que tienen un ancho de 40 micrones. Las capas parciales 6 están eléctricamente separadas de la capa semiconductor 2 por una capa 7 de nitruro de silicio, de un espesor de 0,5 micrones. La resistencia laminar de la capa de oro es de $2,4 \times 10^{-2}$ ohmios/cuadrado y por lo tanto es considerablemente menor que la de la capa de arseniuro de galio 2, que es de 10^4 Ohm/cuadrado.

Las dimensiones mínimas de dominios desde el cátodo hacia el ánodo están determinadas aproximadamente como se ha establecido precedentemente, por la fórmula:

$$\sqrt{\frac{E_c \cdot L \cdot \epsilon_0 \cdot \epsilon_r}{en_0}}$$

para la capa 2 de arseniuro de galio de tipo n de una resistividad de 1 Ohm.cm en que

$$E_c = 3,5 \cdot 10^6 \text{ V m}^{-1}$$

$$L = 3,15 \cdot 10^{-4} \text{ m}$$

$$\epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{12} \text{ Fm}^{-1}$$

$$\epsilon_r = 13,5$$

371301



$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

$$n_0 = 10^{21} \text{ m}^{-3}$$

Esto resulta en una longitud mínima de dominio de 11,4 micrones. La capa 2 en este ejemplo tiene por lo menos un espesor que es menor que la mitad de esta longitud mínima de dominio, de modo que la formación de un dominio no es inhibida en bajo grado, sino en alto grado. Como consecuencia, es posible usar la distancia cátodo-ánodo comparativamente grande de 315 micrones someramente sin el peligro de la formación de un dominio.

La capa de oro 6 es capaz de formar una barrera Schottky con arseniuro de galio de tipo n. Si la capa de nitruro 7 presentase agujeros, la capa de oro no produciría un corto-circuito con el arseniuro de galio y permanecerá eléctricamente separada del mismo por una juntura Schottky.

Los espacios 5 se extienden substancialmente paralos a las líneas equipotenciales que están formadas en esta estructura por líneas paralelas entre sí y a los contactos de ánodo y de cátodo 3 y 4 cuando es aplicada una tensión continua entre los contactos 3 y 4.

Todas las capas parciales 6A a F están provistas con conductores-conectores 8 (ver Figura 1). Las capas 6B a E están capacitivamente conectadas a una fuente de tensión de modulación variable, externa V_m , estando las mismas mutuamente conectadas capaci-

371301



vamente por los capacitores 9. Entre el contacto de cátodo 3 y la capa parcial más próxima 6A puede aplicarse capacitivamente una señal de entrada V_i , mientras que entre el contacto de ánodo 4 y la capa parcial más próxima 6 puede derivarse capacitivamente una señal de salida V_u (véase la Figura 1).

Durante el funcionamiento, una tensión continua V_E (ver Figura 1) de 160 V es aplicada entre los citados contactos 3 y 4 en serie con una bobina de choke. Así, se produce una intensidad de campo de 5 kV/cm en la capa 2 entre el cátodo 3 y el ánodo 4, de modo que el punto de trabajo del dispositivo es ajustado en el rango de resistencia diferencial negativa. Una tensión alterna de entrada V_i es aplicada entre los citados contactos 3 y 6A. La onda de carga espacial resultante pasa a través de la capa 2 en la dirección desde el cátodo hasta el ánodo y es amplificada debido a la resistencia diferencial negativa de modo que puede derivarse entre los contactos 6F y 4 una señal de salida amplificada V_u de la misma frecuencia.

La distancia L_1 entre el contacto de cátodo 3 y la capa parcial 6A es de 20 micrones, mientras que la distancia L_2 entre la capa parcial 6f y el contacto de ánodo 4 es de 30 micrones. La frecuencia de las señales V_i y V_u es de 5 GHz ($5 \cdot 10^9 \text{ seg}^{-1}$). Dado que la velocidad de desplazamiento V de los electrones de la capa 2 es de aproximadamente 10^7 cm/seg con la intensidad de campo aplicada, es válido aproximadamente para la frecuencia f de las señales V_i y V_u , que $f = \frac{3}{2} \frac{V}{L}$, de modo que se obtiene un acoplamiento de entrada y un

371301



acoplamiento de salida óptimos.

5 Dado que la capa 6 está dividida en capas parciales, se evita una tensión tan alta sobre la capa de nitruro 7 que puede producirse una ruptura. El potencial de cada capa parcial se adaptará al de la parte subyacente de la capa semiconductora 2. La tensión de modulación V_m es aplicada a través de las capacitancias 9 y 10 a las capas parciales 6B a E, por ejemplo en la forma de pulsos de tensión negativos con respecto al cátodo. Los mismos producen en la capa 2 regiones de agotamiento, una de las cuales (11) está ilustrada en la Figura por líneas punteadas. La cantidad total de portadores de carga y, por lo tanto, la amplificación en la capa 2, es así localmente reducida temporalmente.

15 La formación de dominios de alta intensidad de campo en la capa 2 es inhibida no solamente por la presencia de las capas 5 y 7, sino también por la presencia del substrato 1 altamente óhmico. También, por esta razón los intersticios entre las capas metálicas 3 y 6A y 4 a 6F respectivamente, pueden ser bastante grandes para obtener un acoplamiento de entrada y de salida óptimos.

25 El dispositivo mostrado en la Figura 1 puede ser fabricado de la manera siguiente: el material básico es una oblea de arseniuro de galio semi-aislante de una resistividad de 10^4 Ohm.cm. Una superficie de la misma es pulida y mordicada a fin de obtener una superficie que tiene un mínimo de defectos del cristal. Una capa 2 de arseniuro de galio del tipo n es deposi-

371301



tada epitaxialmente sobre la superficie resultante desde la fase de vapor. Esto se realiza a aproximadamente 750°C por la reacción entre galio y arsénico, siendo obtenido el galio por descomposición de monocloruro de galio y el arsénico por la reducción de tricloruro de arsénico con hidrógeno. Simultáneamente con el crecimiento del arseniuro de galio se deposita un donador, por ejemplo, silicio, telurio, estaño o selenio en una cantidad tal que se forma una capa epitaxial 2 que tiene una concentración de donor uniforme de aproximadamente 10^{15} at/cm³, lo que corresponde a una resistividad de aproximadamente 1 Ohm.cm. El crecimiento es continuado hasta que se obtiene una capa de un espesor de 1 micrón.

Sobre la capa epitaxial 2, se deposita luego una capa de nitruro de silicio 7 de un espesor de 0,5 micrones. Esto puede realizarse muy efectivamente por descomposición de hidrazina y silano bajo la acción de luz ultravioleta, manteniéndose el arseniuro de galio a una temperatura de aproximadamente 400°C durante la deposición de la capa de nitruro. La capa de nitruro es luego eliminada en los bordes de la oblea por técnicas de foto-mordicación convencionales, como usando ácido fosfórico como mordiente a fin de exponer parcialmente la capa E. Luego se aplican tiras de estaño 3 y 4 a los bordes expuestos de la capa activa 2 y parcialmente a la capa de nitruro, siendo aleadas dichas tiras a una temperatura de 650°C a una atmósfera de hidrógeno. Así se forman contactos óhmicos sobre la capa 2.

Luego se aplica a la superficie una capa de oro 6 de un espesor de 1 micrón por deposición

371301



desde vapor, después de lo cual se forman las capas parciales 6A a F, usando técnicas convencionales de fotoenmascaramiento y mordicación. Posteriormente, se aseguran conductores a las mencionadas capas parciales y a las
5 tiras de estaño 3 y 4, después de lo cual el conjunto es dispuesto en una envoltura adecuada.

En lugar de la capa de nitruro de silicio 7 es ventajoso también aplicar una capa de sílice. En lugar de una capa de oro, puede usarse el mismo metal
10 para la capa 6 y para los contactos 3 y 4 si se renuncia a la ventaja de una aislación Schottky para el uso con defectos en la capa 7, en cuyo caso las capas 3, 4 y 6 pueden ser aplicadas simultáneamente.

En lugar de las capas 6A y 6F también los
15 contactos 3 y 4 pueden servir como contactos de entrada y de salida. Entonces puede aplicarse una señal de entrada a través, por ejemplo, de un cable coaxial entre los contactos 3 y 4, señal que puede ser derivada a través de los contactos 3 y 4 y el mismo cable coaxial en
20 la forma de una señal amplificada reflejada. A fin de obtener un acoplamiento de entrada ventajoso, se prefiere usar, como se ha establecido precedentemente, una frecuencia de señal igual a v/L o un múltiplo de la misma. La velocidad de desplazamiento v es entonces aproximadamente 10^7 cm/seg, la distancia L entre los contactos
25 es de 315 micrones = $3,15 \cdot 10^{-2}$ cm y la frecuencia óptima es de $10^9/3,15 = 0,32$ GHz o un múltiplo de la misma.

La Figura 2 ilustra esquemáticamente en una vista en perspectiva, un dispositivo diferente de
30 acuerdo con la invención. La estructura de este disposi-

37 130 1



tivo es similar a la de la Figura 1, sin embargo con la diferencia de que la capa aislante 7 está reemplazada por una capa de bloqueo formada por la juntura Schottky entre la capa de oro 6 (dividida en capas parciales 6A a F) y la capa de arseniuro de galio 2 subyacente. En lo demás, las dimensiones y materiales de este dispositivo son iguales a los del dispositivo precedente, así como las tensiones aplicadas durante el funcionamiento y las frecuencias de las señales de entrada y de salida V_i y V_u .

Los conductores conectores de las capas parciales 6A a F están conectados a un potenciómetro formado por los resistores R_1 , R_2 , R_3 y dimensionado de modo que las capas 6A a F están a un potencial externo sustancialmente igual al potencial promedio de la parte de la capa semiconductor 2 sobre la cual es depositada la capa parcial correspondiente, más la tensión negativa de unos pocos voltios a fin de polarizar la juntura Schottky en la dirección inversa. La caída de tensión sobre la juntura Schottky es limitada así por debajo de cada capa parcial a un valor que no puede producirse una rotura. En esta relación debería mencionarse que el número de capas parciales es elegido de modo que no sea superior a 6 en las Figuras por razones de claridad. Será obvio que si a la tensión requerida entre el ánodo y el cátodo la tensión sobre la capa de bloqueo se volviese demasiado alta, el número de capas parciales debe ser concordantemente más alto.

El dispositivo mostrado en la Figura 2 puede ser fabricado completamente de la misma manera que

371301



el mostrado en la Figura 1, con la diferencia que no se hace crecer una capa aislante sobre la capa semiconductor 2 y que la capa de oro 6 es directamente depositada desde vapor sobre la capa semiconductor activa 2.

5 El dispositivo mostrado esquemáticamente en una vista en perspectiva en la Figura 3, igual que los dispositivos de las Figuras 1 y 2 comprende una capa 2 de arseniuro de galio de tipo n de una resistividad de 1 ohmio.cm que tiene un contacto de cátodo 3 y un contacto de ánodo 4, pero en lo demás está construido de 10 una manera ligeramente distinta. El substrato está formado en este caso por una capa 31 de arseniuro de galio de tipo p que tiene un dopado de aproximadamente 10^{18} at/cm³ (resistividad 0,001 Ohm.cm). El substrato buen 15 conductor 31 está eléctricamente separado de la capa de arseniuro de galio 2 por la capa de agotamiento de la juntura pn 32 (ver Figura 3) formada entre el substrato 31 y la capa 2, juntura que es polarizada en la dirección inversa durante el funcionamiento.

20 El substrato 31 tiene una longitud de 150 micrones, un ancho de 100 micrones y un espesor de 75 micrones. La distancia entre el contacto de cátodo 3 y el contacto de ánodo 4 es de 100 micrones. El substrato 31 tiene una capa de estaño 33 aleada (ver Figura 3) que 25 contiene un bajo porcentaje de zinc y que forma un contacto óhmico con el substrato.

Durante el funcionamiento, una tensión 30 continua de 50 V es aplicada a través de una bobina de cheke entre los contactos 3 y 4, de modo que la intensidad de campo en la capa 2 es nuevamente 5 kV/cm. El subs-

371301



trato es llevado, a través del contacto 33, por la fuente de tensión V_s a una tensión negativa de 2 V en relación al cátodo 3. Así, durante el funcionamiento la juntura pn 32 es polarizada totalmente en la dirección inversa.

5 En este ejemplo, el substrato 31 provisto con el contacto 33 y los conductores conectores 34 forma un contacto de entrada y de salida común del dispositivo. Una tensión de señal V_i es capacitivamente aplicada entre el substrato 31 y el contacto de cátodo 3, siendo derivada una señal amplificada V_u entre el substrato y el contacto de ánodo 4.

10 El dispositivo mostrado en la Figura 3 puede ser fabricado usando las mismas técnicas utilizadas en la fabricación de los dispositivos de las Figuras 1 y 2, haciéndose crecer ahora la capa 2 sobre un substrato óhmicamente bajo del tipo de conductividad opuesta, aleándose también, además de los contactos 3 y 4, una capa de estaño 33 sobre el lado inferior del substrato 31.

15 Debería mencionarse que en la última realización mencionada en lugar del substrato 31 que consiste esencialmente de un material de tipo p óhmicamente bajo, puede utilizarse un substrato de un material diferente, pero con una capa superficial de un material de tipo p óhmicamente bajo, sobre la que es hecha crecer la capa 2. Además, el material sobre el que es hecha crecer la capa 2 y el material de la capa 2 misma, puede ser de una composición diferente. En el dispositivo mostrado en la Figura 3 pueden proveerse un contacto de

371301

8 SEP.



5 entrada y un contacto de salida separados entre los contactos 3 y 4, en lugar del contacto común 33 sobre el sustrato, como se utiliza en este ejemplo. Finalmente puede aplicarse una tensión de modulación a través del sustrato 31 a la junta pn 32 para variar el espesor de la capa de agotamiento en la capa 2 de una manera similar a la de la capa de agotamiento 11 en la Figura 1.

10 Obviamente, la invención no está limitada a las realizaciones aquí mostradas y dentro del alcance de la invención son posibles muchas variaciones para los expertos en el arte. Particularmente pueden usarse otros materiales para la capa 2, por ejemplo, CdTe, InF ó ZnSe. Las estructuras no necesitan ser rectangulares.

15 Pueden usarse estructuras que tienen contactos de ánodo y de cátodo concéntricos, obteniéndose entonces una distribución de potencial no lineal entre estos contactos. Los espacios que dividen las capas metálicas 6 de las Figuras 1 y 2 en capas parciales, serán elegidos entonces, siempre, de modo que se extienden substancialmente a lo largo de líneas equipotenciales. Además debería mencionarse que la capa semiconductor activa, como puede ser el caso, en un estado auto-soportante, puede ser

25 provista sobre ambos lados con una capa de bloqueo y una capa buena conductora en lugar de ser provista con las mismas solamente a un lado. La medida de acuerdo con la invención puede ser ventajosamente llevada a la práctica en cualquier combinación posible con una región de límite previamente sugerida de alta resistividad y/o

30 constante dieléctrica elevada como se indica en las Fi-

371301



guras 1 y 2.

Esta solicitud que corresponde a la presentada en Holanda el 10 de Septiembre de 1968, con el número 6812862, se acoge a los beneficios del artículo 51 del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.

REIVINDICACIONES

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:

1.- Dispositivo semiconductor para la amplificación de micro-ondas que comprende una capa semiconductor que tiene al menos dos contactos conectores, capa en que una resistencia diferencial negativa puede ser producida en el caso de una tensión continua suficientemente alta entre los contactos conectores, caracterizado porque al menos un lado de la capa semiconductor está provisto con una capa eléctricamente buena conductora que está eléctricamente separada por una capa de bloqueo de la capa semiconductor y tiene una resistencia laminar que es menor que la de la capa semiconductor, estando los contactos conectores separados uno del

371301



otro en la dirección de la capa, siendo la disposición tal que no pueden formarse dominios de intensidad de campo elevada en la capa semiconductor.

5 2.- Dispositivo semiconductor de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque la capa semiconductor es una capa monocristalina.

3.- Dispositivo semiconductor de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, caracterizado porque el espesor de la capa semiconductor es como máximo igual a

$$1/2 \sqrt{\frac{E_c \cdot L \cdot \epsilon_0 \cdot \epsilon_r}{e n_0}}$$

10 en que E_c es la intensidad de campo crítica en Voltios/metro por encima de la cual pueden formarse dominios en la capa semiconductor, L es la distancia menor en m entre los contactos conectores, ϵ_r es la constante dieléctrica relativa de la capa, e es la carga de electro-
15 nes, en Coulombs, n_0 es la concentración de portadores mayoritarios de la capa por m^3 y ϵ_0 es la constante dieléctrica del vacío en Farad/m.

20 4.- Dispositivo semiconductor de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque la capa semiconductor tiene un espesor de como máximo igual a 5 micrones y preferiblemente como máximo igual a 1 micrón.

25 5.- Dispositivo semiconductor de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque la capa de bloqueo está formada por

371301



una capa aislante aplicada a la capa semiconductor.

6.- Dispositivo semiconductor de acuerdo con la reivindicación 5, caracterizado porque la capa aislante consiste de sílice.

5 7.- Dispositivo semiconductor de acuerdo con la reivindicación 5, caracterizado porque la capa aislante consiste de nitruro de silicio.

8.- Dispositivo semiconductor de acuerdo con la reivindicación 5, 6 ó 7, caracterizado porque la
10 capa aislante tiene un espesor comprendido entre aproximadamente 0,1 micrón y 1 micrón.

9.- Dispositivo semiconductor de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque la capa eléctricamente buena conductora es una capa metálica.
15

10.- Dispositivo semiconductor de acuerdo con la reivindicación 9, caracterizado porque la capa metálica consiste de un metal capaz de formar una barrera Schottky con la capa semiconductor.
20

11.- Dispositivo semiconductor de acuerdo con la reivindicación 10, caracterizado porque la capa semiconductor está provista de una capa metálica que forma con la capa semiconductor una barrera Schottky que sirve como una capa de bloqueo.
25

12.- Dispositivo semiconductor de acuerdo con la reivindicación 11, caracterizado porque la barrera Schottky está polarizada en la dirección inversa.

13.- Dispositivo semiconductor de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque la mencionada capa semiconductor es
30

371301



adyacente a una segunda capa semiconductor del tipo de conductividad opuesto y que tiene una resistividad menor, que está eléctricamente separada de la primera capa por la capa de agotamiento de la juntura pn formada por dichas dos capas.

14.- Dispositivo semiconductor de acuerdo con la reivindicación 13, caracterizado porque la juntura pn está polarizada en la dirección inversa.

15.- Dispositivo semiconductor de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque la capa semiconductor está aplicada a un substrato.

16.- Dispositivo semiconductor de acuerdo con la reivindicación 15, caracterizado porque la capa semiconductor está formada por una capa epitaxial aplicada al substrato.

17.- Dispositivo semiconductor de acuerdo con la reivindicación 13, y las reivindicaciones 15 ó 16, caracterizado porque la segunda capa semiconductor forma parte del substrato.

18.- Dispositivo semiconductor de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque la capa semiconductor está dividida entre los contactos conectores, en capas parciales por uno o más espacios que se extienden substancialmente paralelos a las líneas equipotenciales entre los contactos conectores.

19.- Dispositivo semiconductor de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque la capa semiconductor o al menos una

371301



de las capas parciales está provista con un conductor conector.

5 20.- Dispositivo semiconductor de acuerdo con la reivindicación 18 y 19, caracterizado porque uno o más de dichos conductores conectores está (están) conectados a un potencial externo que es substancialmente igual al potencial medio de la parte de la capa semiconductor activa sobre la cual está depositada la capa parcial, más la tensión de polarización sobre la capa
10 de bloqueo.

 21.- Dispositivo semiconductor de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque la capa semiconductor activa consiste de arseniuro de galio de tipo n que tiene una resistividad comprendida entre aproximadamente 0,1 Ohm.cm y
15 aproximadamente 10 Ohm.cm.

 22.- Dispositivo semiconductor de acuerdo con la reivindicación 16 y cualquiera de las reivindicaciones 1 a 15 y 18 a 21, caracterizado porque el sustrato consiste en arseniuro de galio semi-aislante que
20 tiene una resistividad de al menos 1000 Ohm.cm.

 23.- Dispositivo semiconductor de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque la capa buena conductora o al menos una de las capas parciales está (están) conectada a un
25 potencial externo, variable, de modo que la amplificación del dispositivo puede ser modulada.

 24.- Dispositivo semiconductor de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque la capa semiconductor activa está
30

371301



provista entre dichos contactos conectores con un contacto de entrada y/o un contacto de salida.

5 25.- Dispositivo semiconductor de acuerdo con la reivindicación 24 y cualquiera de las reivindicaciones 18 a 20, caracterizado porque los contactos de entrada y de salida están formados por las capas parciales ubicadas adyacentemente a los contactos conectores.

10 26.- Dispositivo semiconductor de acuerdo con la reivindicación 24 y las reivindicaciones 13 ó 17, caracterizado porque dicha segunda capa semiconductor está provista con un conductor conector y forma un contacto de entrada y de salida común del dispositivo.

15 27.- Dispositivo semiconductor de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 23, caracterizado porque una tensión continua es aplicada entre los contactos conectores de modo que entre los contactos conectores es ajustada una resistencia diferencial negativa y en que además entre los contactos conectores es aplicada una tensión de entrada alterna que debe ser amplificada, que tiene una frecuencia substancialmente igual a $\frac{n \cdot v}{L}$ en que L es la distancia entre los conectores en cm, v es la velocidad de desplazamiento en cm/seg de los portadores mayoritarios en la capa a la tensión continua aplicada y n es un entero.

25 28.- Dispositivo semiconductor de acuerdo con la reivindicación 24 ó 25, caracterizado porque entre los contactos conectores es aplicada una tensión continua de modo que es ajustada una resistencia diferencial negativa entre los contactos y en que una tensión alterna de entrada que debe ser amplificada, de una frecuencia

30

371301



5 substancialmente igual a $\frac{n \cdot v}{L_1}$ entre el contacto de entrada y el primer contacto conector, siendo L_1 la distancia entre el contacto de entrada y el primer contacto conector en cm, v la velocidad de desplazamiento en cm/seg de los portadores mayoritarios en la capa a la tensión continua aplicada y n un entero.

10 29.- Dispositivo semiconductor de acuerdo con la reivindicación 28, caracterizado porque la distancia en cm entre el contacto de salida y el segundo contacto conector es sustancialmente igual a $(m + 1/2) \cdot \frac{v}{f}$, en que f es la frecuencia de la tensión de entrada y m es un entero.

30.- Dispositivo semiconductor para la amplificación de micro-ondas.

15 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.

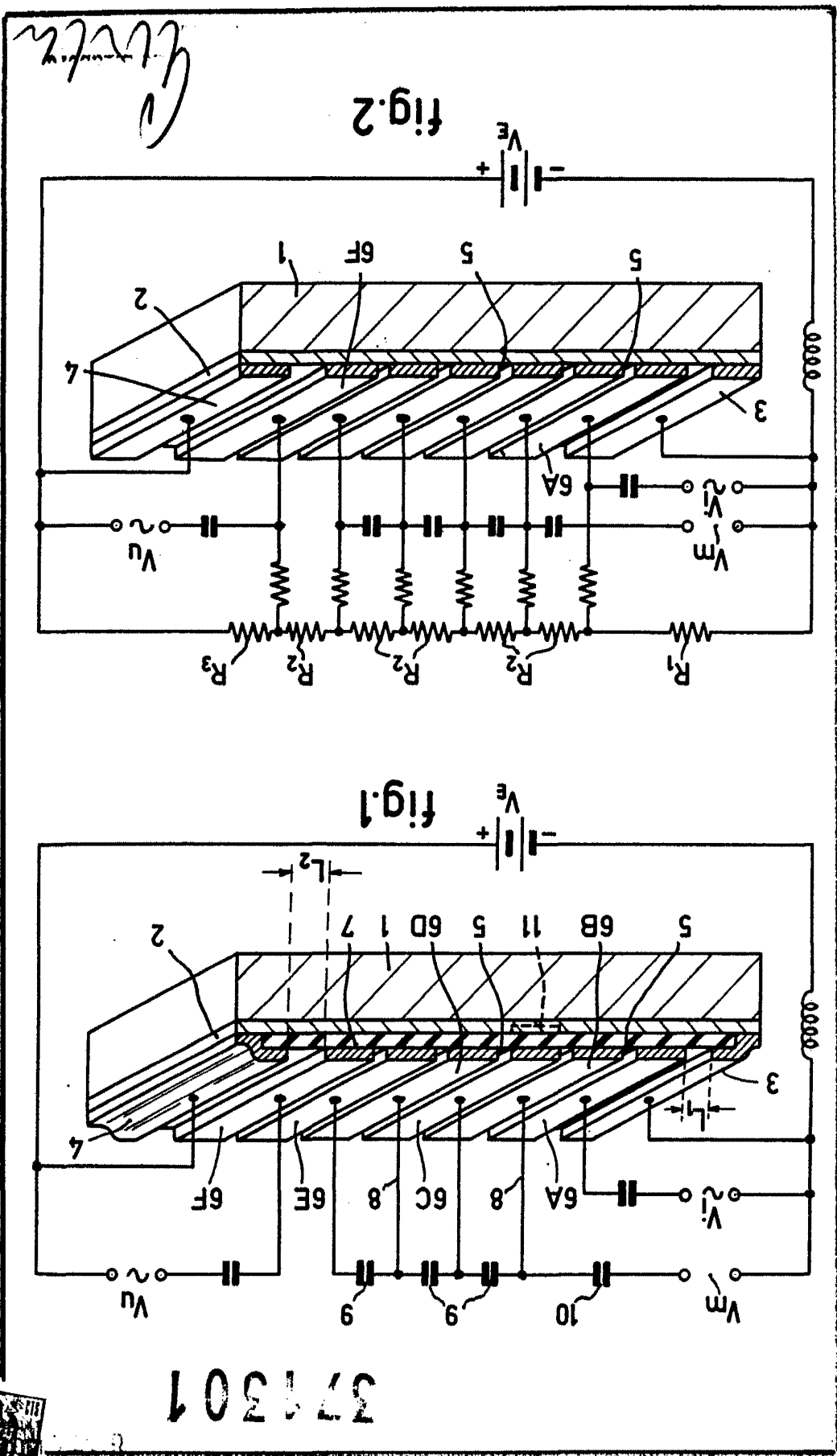
Esta Memoria consta de treinta y tres hojas escritas a máquina por una sola cara.

Madrid,

P.A.

Alta

371301



P 12

I/II

1

1



371301

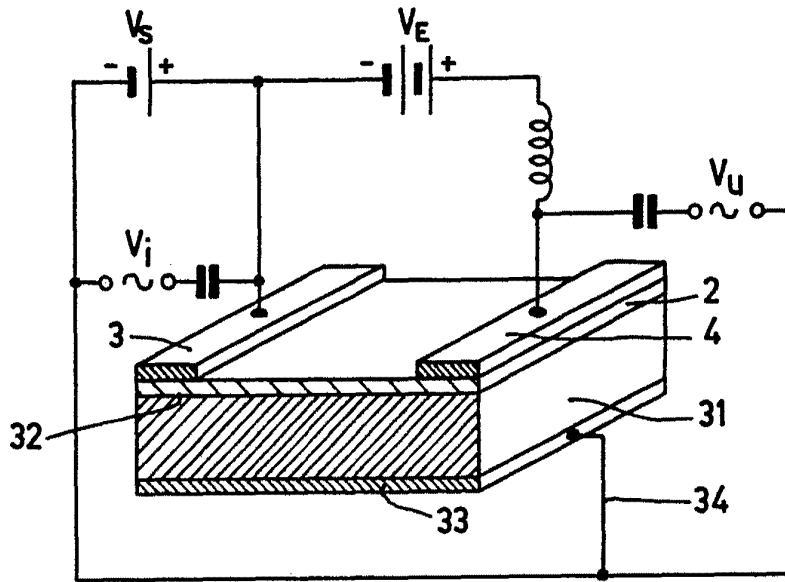


fig.3

Arta