

30

8

P. - 42.066

PHN. 3347

Spain VA/AF

368890
CONCEDIDA

8 JUN. 1971

Memoria descriptiva

12 JUL 1969

SECCION TECNICA

CLASIFICACION I. P. C.

CLASE H 01

SURCLASE L

para solicitar **PATENTE DE INVENCION** por **20** años

a nombre de **N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN**

entidad / ~~XXXXXXXXXX~~ holandesa

con domicilio en **Emmasingel 29, Eindhoven, Holanda**

por: **"UN DISPOSITIVO SEMICONDUCTOR PARA AMPLIFICAR MICRO-
ONDAS"** (Clase internacional H01)

8.7.69

- 1 -

BAD ORIGINAL

La invención se refiere a un dispositivo semiconductor y para amplificar microondas que comprende una capa semiconductor provista epitaxialmente sobre un sustrato y que tiene al menos dos contactos conectores, capa en que
5 puede establecerse una resistencia diferencial negativa cuando la tensión continua entre los contactos conectores es suficientemente alta.

Tales dispositivos son conocidos y se usan para producir o amplificar señales eléctricas de alta frecuencia.
10 Los mismos se basan en el fenómeno de que en algunos materiales semiconductores que incluyen por ejemplo, el arsenio de galio, telururo de galio, fósforo de indio, y seleniuro de zinc se produce una transición de electrones en la banda de conductividad de un estado que tiene una
15 energía menor y una movilidad más alta a un estado que tiene una energía más alta y una movilidad menor cuando la intensidad de campo es suficiente elevada (valor límite para el arseniuro de galio aproximadamente 3,5 KV/cm). Como resultado de esto se produce una resistencia diferencial negativa en un rango de tensión determinado. Esta
20 resistencia diferencial negativa puede ser usada para amplificar señales eléctricas. La intensidad de campo requerida se obtiene aplicando una tensión continua suficientemente alta entre dos contactos conectores, el contacto del
25 cátodo y el contacto del ánodo, provistos sobre el cuerpo semiconductor.

Una construcción conocida de tal dispositivo se describe en "Proceedings I.E.E.E." Mayo 1967, pág. 718 - 719. Este dispositivo conocido comprende un sustrato altamente
30 dopado de arseniuro de galio de tipo n, sustrato sobre el

que se provee una capa epitaxial activa muy delgada de arseniuro de galio de tipo n, que tiene una resistividad más alta que el sustrato, una concentración de un donador de $5 \cdot 10^{15}$ at/cm³, y un espesor de unos pocos micrómetros.

5 Los contactos conectores en este dispositivo están formados por el sustrato óhmicamente muy bajo por un lado, y por una capa electródica óhmica provista sobre la capa epitaxial, por otro lado. Entre dichos contactos conectores es producida la tensión continua requerida para establecer una resistencia diferencial negativa, siendo aplicada también entre dichos contactos, por ejemplo a través de un cable coaxial, una señal alterna entrante que es derivada como una señal reflejada amplificada a través del cable coaxial.

10

15 En tales estructuras, la transición antes mencionada de los electrones, en ocasiones, puede dar lugar a la formación de regiones de intensidad de campo alta, llamadas dominios, además de la formación de una resistencia diferencial negativa, dominios que se desplazan en la capa activa desde el contacto del cátodo hacia el contacto del ánodo a una velocidad que es, aproximadamente, igual a la velocidad de desplazamiento de los electrones. Como resultado de esto, se forman oscilaciones de alta frecuencia entre los contactos conectores las que sin embargo,

20

25 en dispositivos del tipo antes descrito al que se refiere la invención, son indeseables y deberían evitarse. Puede calcularse que en los dispositivos conocidos esta formación de dominios en la capa epitaxial puede evitarse, si el producto de la concentración n de los portadores de carga mayoritarios en la capa epitaxial y la distancia L

30

entre los contactos conectores, es menor que un valor límite particular. Si no están presentes causas externas para la generación de portadores de carga, por ejemplo una irradiación, el valor no corresponde substancialmente a la concentración de dopado. Para una capa epitaxial de arseniuro de galio de tipo n, un material semiconductor frecuentemente usado en estos dispositivos, el mencionado valor límite de $n_0 \times L$ está comprendido en el orden de 10^{12} cm^{-2} (n_0 en electrones/ cm^3 y L en cm). Ver el antes citado artículo en "Proceedings IEEE". Como resultado de esto, tanto el dopado de la capa epitaxial activa como la distancia entre el cátodo y el ánodo en los dispositivos conocidos, están limitados por exigencias bastante severas.

El objeto de la invención consiste en proveer un dispositivo en que las limitaciones a que están sujetos los dispositivos conocidos antes descritos, son considerablemente reducidas.

La invención se basa en el reconocimiento del hecho que usando una región de límite óhmicamente alta, adyacente a la capa epitaxial en que los contactos conectores están provistos en la dirección de la capa a una distancia uno del otro, puede ser considerablemente aumentado el valor límite de dicho producto $n_0 L$, por encima del cual se produce una intensidad de campo elevada.

De acuerdo con la invención, un dispositivo semiconductor del tipo mencionado en el exordio, se caracteriza por lo tanto porque la capa epitaxial es adyacente a una región de límite que tiene una resistividad que es más alta que la resistividad de la capa epitaxial, estando

provistos los contactos conectores en la dirección de la
capa a una distancia uno del otro, todo esto de manera tal
que no pueden formarse dominios de intensidad de campo
elevada en la capa epitaxial. Los contactos conectores
5 pueden ser provistos ya sea sobre el mismo lado o ubicados
en lados opuestos de la capa epitaxial.

La región de límite preferiblemente está formada por
al menos una parte del sustrato.

El dispositivo de acuerdo con la invención tiene en-
10 tre otras, la importante ventaja que el producto de la
concentración no de los portadores de carga mayoritarios
en la capa epitaxial y la distancia L entre los contactos
conectores puede ser considerablemente mayor que en los
dispositivos conocidos antes descritos sin que se formen
15 dominios de intensidad de campo elevada. Esto puede ex-
plicarse de la manera siguiente: si entre el contacto de
cátodo y el contacto de ánodo se forma una variación lo-
cal en la densidad de los electrones y por lo tanto una
región de carga espacial, por ejemplo como resultado de
20 una señal de entrada aplicada entre el ánodo y el cátodo,
dicha región de carga espacial se desplazará desde el cá-
todo al ánodo y crecerá como resultado de la resistencia
diferencial negativa que es producida por la diferencia
de tensión entre el cátodo y el ánodo en la capa semicon-
25 ductora epitaxial. El crecimiento de dicha región de carga
espacial debería ser limitado dado en que el caso de un
crecimiento demasiado intenso, pueden formarse los domi-
nios antes mencionados. El dispositivo conocido, en que
la capa epitaxial es provista sobre un sustrato intensa-
30 mente dopado, las líneas de intensidad de campo eléctrico

que parten de dicha carga espacial se extenderán substancialmente, todas ellas, paralelas al campo aplicado entre el ánodo y el cátodo y contribuirán al mencionado crecimiento de la carga espacial. Por lo tanto en el dispositivo conocido la distancia L entre el ánodo y el cátodo está limitada a unos pocos micrones, y la concentración de dopado n_0 de la capa tampoco puede ser demasiado alta.

En el dispositivo de acuerdo con la invención, sin embargo, una parte comparativamente grande de las líneas de campo que parten de la carga espacial se extenderá a través de la región de límite óhmicamente alta, de modo que la componente de intensidad de campo en la dirección de la capa (la intensidad de campo longitudinal), que determina el mencionado crecimiento de la región de carga espacial es considerablemente reducida y por lo tanto puede usarse una distancia L considerablemente mayor entre los contactos conectores y/o una concentración de dopado n_0 considerablemente más elevada de la capa epitaxial activa. Como resultado de esto, entre otros, es considerablemente facilitada la fabricación del dispositivo de acuerdo con la invención.

La absorción de las líneas de campo eléctrico en un grado considerable por una región de límite, principio sobre el que se basa la invención, entre otros, como resultado de lo cual se produce una disminución de la intensidad de campo longitudinal en la capa, puede ser considerablemente mejorada haciendo que las líneas de campo se extiendan tanto como sea posible perpendicularmente a la superficie límite entre la capa activa y la región de límite, mediante un uso eficaz de las constantes dieléctricas.

tricas de la capa activa y de la región de límite. Para
ese fin, se usa ventajosamente una región de límite que
tiene una constante dieléctrica que es al menos igual a,
y preferiblemente al menos dos veces mayor, que la de la
5 capa epitaxial activa, de modo que las líneas de campo se
curvan en una dirección perpendicular a la superficie lí-
mite entre la capa epitaxial y la región de límite. Por
ejemplo, la capa epitaxial puede consistir de arseniuro
de galio de tipo n mientras que la región de límite con-
10 tiene titanato de bario, titanato de estroncio o dióxido
de titanio.

Cuando el espesor de la capa epitaxial activa se
vuelve grande con respecto a las dimensiones de la región
de carga espacial en la dirección de la capa, una parte
15 comparativamente grande de las líneas de campo se exten-
derá dentro de la capa en la dirección desde el cátodo al
ánodo. A fin de controlar la formación de dominios tanto
como sea posible, por lo tanto, es deseable que el espe-
sor de la capa epitaxial activa sea considerablemente me-
20 nor y preferiblemente al menos dos veces menor que la
longitud de un dominio calculada desde el cátodo al áno-
do, dominio que podría formarse si el espesor de la capa
fuera ilimitado. Esta longitud depende de varios factores.
Puede demostrarse (ver "Bell System Technical Journal",
25 Vol. 46, Dic. 1967, N° 10 pág. 2257) que la longitud de
un dominio es substancialmente igual a

5 pensado. La resistividad de la capa epitaxial es elegida preferiblemente entre 0,1 ohm.cm y aproximadamente 10 ohm.cm, lo que puede realizarse fácilmente de una manera reproducible con los métodos epitaxiales conocidos de crecimiento.

10 Debe mencionarse que es conocido un dispositivo por "Engineering" vol 200, Agosto 20, 1965, pág. 241, que contiene un substrato de arseniuro de galio semi-aislante con una capa epitaxial de arseniuro de galio de 15 micró-
15 metros de espesor, sobre el que están previstos dos contactos conectores. Este dispositivo es un oscilador de efecto Gunn en que la formación de dominios de intensidad de campo elevada se produce en la capa epitaxial de modo que son producidas oscilaciones eléctricas de alta fre-
20 cuencia entre los contactos conectores. Tales dispositivos en que se forman dominios, sin embargo, no caen dentro del alcance de la presente invención. La invención se refiere solamente a dispositivos en que la resistencia diferencial negativa en la capa epitaxial se utiliza sin
25 formación de dominios y consecuentemente, sin las oscilaciones indeseadas que se producen, y en que se opera siempre dentro de la región de resistencia negativa en la condición operativa.

30 En relación con las condiciones limitadoras antes descritas respecto al espesor de la capa, dicho espesor es ventajosamente elegido como máximo igual a 5 micrómetros y preferiblemente como máximo, igual a 1 micrómetro, de modo que a las tensiones, distancia de contactos y dopado normalmente usados, se evita la formación de dominios usando espesores de capa que pueden ser fácilmente logra-

dos tecnológicamente.

5 En lugar de estar formada por una parte del sustrato o por todo el sustrato, la superficie límite, en ocasiones, puede estar formada ventajosamente por una capa semiconductora que es provista sobre la capa epitaxial sobre el lado de la capa epitaxial alejado del sustrato. Puede obtenerse el mismo efecto reductor de la componente longitudinal de intensidad de campo en la capa. Este efecto puede ser intensificado aún más usando tanto una primera región de límite que forma parte del sustrato como una
10 segunda región de límite provista sobre el lado de la capa epitaxial alejado del sustrato.

De acuerdo con otra realización preferida la distancia mínima entre los contactos conectores es elegida al
15 menos igual a 100 micrómetros. En el dispositivo de acuerdo con la invención esto puede realizarse sin objeciones, a diferencia de los dispositivos conocidos, pudiendo los contactos conectores con una distancia mutua de tal orden de magnitud, ser fabricados de una manera muy fácilmente
20 reproducible. Esta distancia de contactos comparativamente grande permite, entre otros, proveer un electrodo de control entre los contactos conectores, por ejemplo uno análogo al electrodo de compuerta de un transistor MOS, provyendo una capa metálica sobre una capa aislante provista
25 ta sobre la capa epitaxial. Hasta ahora esto no ha sido posible en dispositivos del tipo al que se refiere la presente invención, debido a la pequeña distancia entre los contactos.

Otra realización preferida muy importante del dispositivo de acuerdo con la invención en que el acoplamiento
30

de entrada y el acoplamiento de salida de la señal de
entrada y la señal de salida, respectivamente, puede ser
realizada de modo óptimo de manera simple, se caracteriza
porque un contacto de entrada es provisto entre el contac-
to de cátodo y el contacto de ánodo, siendo suministrada
una señal alterna que debe ser amplificada entre el con-
tacto de entrada y el primer contacto conector. En tal
realización, en que está presente un contacto de entrada
separado, puede obtenerse un acoplamiento de entrada ópti-
mo independientemente de la distancia entre los contactos
conectores. En efecto, pueda calcularse que se produce un
acoplamiento de entrada tan favorable como es posible
si 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 la frecuencia de la tensión alterna a ser
amplificada y n un entero. De manera bastante independien-
te de las exigencias a ser impuestas sobre el acoplamiento
de entrada, puede elegirse para L_1 la distancia entre el
cátodo y el ánodo, un valor que es tan favorable como es
posible en relación con las propiedades eléctricas y el
espesor de la capa epitaxial. En una realización en que
solamente están presentes dos contactos con una distancia
mútua L , $L \approx n \cdot \frac{v}{f}$ debería ser elegido para una ampli-
ficación máxima en que n , v y f tienen los significados
mencionados. Véase "Transactions I.E.E.E." vol. ED 13
Enero 1966, págs. 4 a 21, particularmente pág. 16. fig.
9. En esta relación es aún más favorable otra realización
preferida en que además de un contacto de entrada, se

proves un contacto de salida entre los contactos conectores. En este caso también puede asegurarse un acoplamiento de salida óptimo independientemente de otros factores, acoplamiento para el que es válido, de acuerdo con los cálculos, que la distancia entre el contacto de salida y el segundo contacto conector debe ser substancialmente igual a $(m + 1/2) \cdot \frac{v}{f}$ en que v y f tienen los significados precedentes y m es nuevamente un entero.

En relación con las últimas realizaciones preferidas mencionadas debe mencionarse que es conocido "I.E.E.E. Transactions Electron Devices" ED 14 Septiembre 1967, págs. 612-615, un dispositivo semiconductor que comprende un cuerpo semiconductor de arseniuro de galio de tipo n óhmicamente elevado que está provisto con dos contactos conectores para establecer una resistencia diferencial negativa y con un contacto de entrada y un contacto de salida. Este dispositivo conocido, igual que la última realización preferida de acuerdo con la invención, es del tipo de "onda viajera" con amplificación en la región de resistencia negativa sin formación de dominios. A diferencia de la invención, sin embargo, el cuerpo semiconductor consiste de un cuerpo de arseniuro de galio homogéneo que tiene una resistividad muy alta ($\gg 100 \text{ Ohm cm}$) que es muy difícil de fabricar de manera reproducible. Esto es necesario debido a que este dispositivo conocido, igual que los dispositivos ya descritos, está limitado a un producto $n_p L$ del orden de 10^{12} cm^{-2} , a diferencia del dispositivo de acuerdo con la invención, de modo que también en este caso la distancia máxima permisible entre los contactos, dependiente de la concentración de dopado, es

bastante pequeña.

En el dispositivo de acuerdo con la invención por el contrario, existe la posibilidad de hacer la distancia entre los contactos, y particularmente entre el contacto de entrada y el contacto de salida, bastante grande, preferiblemente al menos igual a 200 micrómetros, de modo que, si fuera deseable, puede proveerse un electrodo de control entre dichos contactos, por ejemplo, uno análogo al electrodo de compuerta de un transistor MOS, proveyendo una capa metálica sobre una capa de óxido provista sobre la capa epitaxial.

A fin de que la invención pueda ser fácilmente llevada a la práctica, la misma será descrita a continuación más detalladamente, a título de ejemplo, con referencia a los dibujos que se acompañan, en que

La fig. 1 es una vista esquemática en perspectiva de un dispositivo semiconductor de acuerdo con la invención.

La fig. 2 es un gráfico que muestra la relación entre la intensidad de campo E , por un lado, y la densidad de corriente J , por otro lado, en la dirección de la intensidad de campo dividida por la conductividad específica σ_0 a una baja intensidad de campo, para un cuerpo de arseniuro de galio de tipo n.

La fig. 3 es una vista esquemática en perspectiva de otro dispositivo de acuerdo con la invención, y

La figura 4 es una vista esquemática en perspectiva de un tercer dispositivo de acuerdo con la invención.

Por razones de claridad las figuras 1, 2, 3 y 4 son esquemáticas y no están dibujadas a escala. Esto es parti-

cularmente válido para las dimensiones en la dirección del espesor. Componentes correspondientes en las figuras están indicados por los mismos números de referencia.

5 La figura 1 es una vista esquemática en perspectiva de un dispositivo semiconductor de acuerdo con la invención. El dispositivo comprende un sustrato 1 de arseniuro de galio semi-aislante que tiene una resistividad de 10^4 Ohm cm, un espesor de 75 micrómetros, una longitud de 200 micrómetros y un ancho de 100 micrómetros, en que está provista una capa epitaxial 2 de arseniuro de galio de tipo n que tiene una resistividad de 1 ohm cm y un espesor de 1 micrómetro. Dos contactos conectores, a saber un contacto de cátodo 3 y un contacto de ánodo 4 en la forma de tiras de estaño paralelas aleadas, están provistos sobre el lado superior de dicha capa.

10 La capa 2 es adyacente a la región de límite que en esta realización está formada por todo el sustrato 1. En ocasiones, el sustrato puede consistir, como alternativa, de un sustrato 5 altamente dopado sobre el que está provista la región de límite que consiste de una capa 6 de arseniuro de galio semi-aislante que tiene una resistividad de 10^4 Ohm.cm y un espesor de, por ejemplo, 10 micrómetros, adyacente a la capa 2. Las dos regiones de sustrato 5 y 6 están separadas por la línea de puntos y rayas 7 (ver fig. 1).

25 La distancia nítua L, entre los contactos 3 y 4 es de 120 micrómetros. En la capa 2 puede ser ajustada una resistencia diferencial negativa cuando la tensión continua entre los contactos 3 y 4 es suficientemente alta. Esto se muestra en la figura 2, en que para arseniuro de

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

$$L = 1,2 \cdot 10^{-4} \text{ m}$$

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

$$\epsilon_r = 13,5$$

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

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

15 De esto se sigue una longitud de dominio mínima de 5,6 micrómetros. La capa 2 en este ejemplo por lo tanto, tiene un espesor que es menor que la mitad de dicha longitud mínima de dominio de modo que es considerablemente inhibida la formación de dominios. Como resultado de esto, puede usarse la distancia cátodo-ánodo comparativamente grande de 120 micrómetro, sin que exista el peligro de la formación de dominios. El producto nL antes mencionado es $1,2 \cdot 10^{13} \text{ cm}^{-2}$ en este caso, que es más alto en aproximadamente un orden de magnitud que lo que es admisible en los dispositivos conocidos de este tipo.

25 El dispositivo es hecho funcionar como sigue, véase fig. 1.

Una tensión continua V_B de 54 volts es producida entre los contactos conectores 3 y 4 en serie con una bobina de choque. Como resultado de esto, se forma una intensidad

de campo de 4,5 KV/cm en la capa 2 entre el cátodo y el ánodo de modo que el punto operativo del dispositivo (ver fig. 2) queda ubicado en el punto A y por lo tanto se establece una resistencia diferencial negativa entre el cátodo y el ánodo. A través de un cable coaxial que tiene un núcleo 8 y una envoltura 9 (ver fig. 1), es aplicada una tensión alterna de entrada entre los contactos 3 y 4 usando una capacitancia de desacoplamiento, teniendo esta señal de entrada una frecuencia de $0,8 \cdot 10^9$ c/seg y una amplitud que es suficientemente grande de modo que la intensidad de campo resultante permanece siempre dentro de la región de resistencia diferencial negativa. Véase la fig. 2 en que la variación de intensidad de campo se muestra, por razones de claridad, entre los valores A_1 y A_2 alrededor del punto A. La envoltura 9 y el cátodo 3 están a masa (Véase fig. 1).

Como resultado de la resistencia diferencial negativa, la señal de entrada en la capa 2 será amplificada y saldrá nuevamente a través del cable coaxial (8,9) como una señal reflejada en una forma amplificada. Dado que además con la tensión continua aplicada la velocidad de desplazamiento V de los electrones desde el cátodo al ánodo es aproximadamente 10^7 cm/seg. mientras que la distancia L desde el cátodo al ánodo es de 0,012 cm, la frecuencia de la señal de entrada, como resultará evidente de lo que antecede, es substancialmente igual a V/L de modo que se logra una amplificación máxima.

El dispositivo mostrado en la fig. 1, puede ser fabricado de la manera siguiente: el material de partida es una placa de arseniuro de galio semi-aislante, que tie-

ne una resistividad de 10^4 ohm.cm. Una superficie de la misma es pulida y mordicada para formar una superficie que tenga un mínimo de defectos cristalinos. Una capa 2 de arseniuro de galio de tipo n es epitaxialmente depositada desde la fase de vapor sobre la superficie resultante. Esto se realiza a aproximadamente 750°C mediante reacción entre galio y arsénico, siendo obtenido el galio por descomposición de monocloruro de galio y el arsénico por 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 donador uniforme de aproximadamente 10^{15} at/cm³ lo que corresponde a una resistividad de aproximadamente 10 ohm.cm. El crecimiento es continuado hasta que se forma una capa de un espesor de 1 micrómetro.

Tiras de estaño 3 y 4 que tienen un ancho de 25 micrómetros son provistas luego sobre la superficie de la capa 2 y son aleadas a una temperatura de 650°C en una atmósfera de hidrógeno. Como resultado de esto, se forman contactos óhmicos sobre la capa 2.

Conductores conectores son asegurados luego a los contactos de estaño aleados 3 y 4, después de lo cual el conjunto es provisto en una envoltura adecuada.

La figura 3 es una vista esquemática en perspectiva de otro dispositivo de acuerdo con la invención. En este dispositivo el sustrato 1 y la capa epitaxial 2 consisten de los mismos materiales que en la fig. 1 usando también los mismos espesores y dopados. A diferencia del

dispositivo mostrado en la fig. 1, sin embargo, se proveen un contacto de entrada 11 y un contacto de salida 12, igualmente en la forma de tiras de estaño aleadas que tienen un ancho de 15 micrómetros, entre el contacto de cátodo 3 y el contacto de ánodo 4, en el dispositivo mostrado en la fig. 3. La distancia L_1 entre los contactos 3 y 11 (ver fig. 3) es igual a 100 micrómetros, la distancia a entre los contactos 11 y 12 es igual a 250 micrómetros, y la distancia L_2 entre los contactos 12 y 4 es igual a 150 micrómetros.

En la condición operativa, por ejemplo, en el dispositivo mostrado en la fig. 3, una tensión continua de 240 volts es aplicada entre el contacto de cátodo 3 y el contacto de ánodo 4 que, como resulta de lo que antecede, tienen una distancia mutua de 530 micrómetros, de modo de producir, igual en que el ejemplo mostrado en la fig. 1, una intensidad de campo de aproximadamente 4,5 kV/cm en la capa 2 para ajustar un punto de trabajo en la región de resistencia diferencial negativa.

Una tensión alterna de entrada U_1 es aplicada entre los contactos 3 y 11 (ver fig. 3) a través de un capacitor de desacoplamiento. La onda de carga espacial resultante atraviesa la capa 2 en la dirección del cátodo al ánodo y es amplificada como resultado de la resistencia diferencial negativa, de modo que entre los contactos 12 y 4 puede derivarse una señal de salida amplificadora U_2 de igual frecuencia. La frecuencia de las señales U_1 y U_2 es de 1 G c²/s (10^9 seg⁻¹). Dado que la velocidad de desplazamiento v de los electrones en la capa 2 a la intensidad de campo aplicada, es 10^7 cm/seg. es válido

para la frecuencia f de las señales U_1 y U_2 que substancialmente

5

$$f = \frac{v}{L_1} = \frac{3}{2} \frac{v}{L_2}$$

de modo que se obtienen un acoplamiento de entrada y un acoplamiento de salida que son tan favorables como sea posible.

10

El dispositivo mostrado en la fig. 3 puede ser fabricado de una manera totalmente análoga a la del dispositivo descrito con referencia de la fig. 1, debiendo asegurarse, sin embargo, que los contactos de estaño 11 y 12, no sean aleados en la capa 2 demasiado profundamente.

15

La fig. 4 muestra un tercer dispositivo de acuerdo con la invención. Este dispositivo comprende un sustrato 21 de arseniuro de galio semi-aislante que tiene una resistividad de aproximadamente 10^4 Ohm.cm sobre el cual está provista una capa epitaxial 22 de arseniuro de galio de tipo n que tiene una resistividad de 1 ohm.cm y un espesor de 1 micrómetro. Sobre esta capa están provistos un contacto de cátodo 3 y un contacto de ánodo 4 en la forma de tiras de estaño aleadas.

20

25

Una capa 23 que consiste de una resina epoxi que comprende aproximadamente 40% en volumen de titanato de bario está provista sobre la capa 22 y los contactos 3 y 4. El titanato de bario tiene una constante dieléctrica relativa que es mucho más alta que la del arseniuro de galio, de modo que la constante dieléctrica de la capa 23

30

es considerablemente más alta, al menos en un factor 5, que la de la capa 22. Así, en este dispositivo la capa 22 está limitada por una primera región de límite que está constituida por el sustrato 21 y por una segunda región de límite constituida por la capa 23. Como resultado de esto, el efecto de reducción de la componente de intensidad de campo de la carga espacial en la dirección de la capa es considerablemente intensificada con respecto a por ejemplo, el dispositivo mostrado en la fig. 1. A fin de obtener una distribución de campo homogénea en la capa 22, es deseable que, como se muestra en la fig. 4, la capa de titanato de bario 23 se extienda al menos hasta los contactos 3 y 4. La distancia λ entre el contacto de cátodo 3 y el contacto de ánodo 4 es de 120 micrómetros, igual que en el dispositivo mostrado en la fig. 1, siendo iguales también las dimensiones del largo y ancho de la capa 22 a las de la capa 2 en la fig. 1. El dispositivo está conectado y funciona de la misma manera descrita con referencia al ejemplo mostrado en la fig. 1.

El dispositivo mostrado en la fig. 4 puede ser fabricado de la manera siguiente. El material de partida es una placa semi-aislante de arseniuro de galio 21 de 200 x 200 micrómetros, que tiene una resistividad de 10^4 Ohm.cm sobre la cual es hecha crecer epitaxialmente una capa de arseniuro de galio de tipo n 22 de 1 micrómetro de espesor y una resistividad de 1 ohm.cm de una manera completamente similar a la descrita con referencia a la fig. 1. La capa 22 es luego parcialmente eliminada por mordicación usando un método de fotorezist que es comúnmente usado en la tecnología de semiconductores y en

que se usa como mordicante una solución de 3 partes en volumen de ácido sulfúrico concentrado, 1 parte en volumen de peróxido de hidrógeno al 30% y 1 parte en volumen de agua, a una temperatura de 60°C. Queda una capa 22 que
5 tiene un largo de 200 micrómetros y un ancho de 100 micrómetros.

Las tiras de estaño 3 y 4 son provistas luego sobre la capa 22 y sobre el sustrato 21 y aleadas en una atmósfera de hidrógeno a 650°C durante unos pocos minutos.

10 Una suspensión que consiste en una resina epoxi disuelta en acetato de etilo con 40% en volumen de polvo de titanato de bario, es provista luego sobre toda la capa 22 y sobre parte del sustrato. Después de evaporación del solvente y endurecimiento de la resina epoxi,
15 se forma una capa 23, de un espesor de 2 a 3 micrómetros. Se obtiene la estructura mostrada en la fig. 4 en que los contactos 3 y 4 sobresalen parcialmente de la capa 23 y pueden ser provistos con conductores conectores. El conjunto es provisto luego en una envoltura adecuada.

20 Será obvio que la invención no está limitada a los ejemplos descritos y que son posibles muchas variaciones para los expertos en el arte, sin salirse por ello del alcance de la presente invención. Por ejemplo, el sustrato puede consistir de otros materiales que el arseniuro de galio semi-aislante o de una parte óhmicamente baja sobre la cual es provista una capa óhmicamente alta.
25 Además el sustrato altamente óhmico puede formar una juntura pn con la capa epitaxial activa. En lugar de arseniuro de galio de tipo n, la capa epitaxial puede
30 consistir de telururo de cadmio, fosfuro de indio, telu-

ruro de cadmio, seleniuro de zinc u otro material adecuado que tiene una característica corriente-tensión análoga a la de la fig. 2. Además, las dimensiones del dispositivo y especialmente la geometría de los contactos pueden ser variados dentro de límites amplios, por ejemplo usando contactos concéntricos en lugar de tiriformes, pudiendo proveerse electrodos de control sobre varios lugares sobre la capa epitaxial activa.

Esta solicitud que corresponde a la presentada en Holanda, el día 29 de Junio de 1.968, bajo el Nº 6809255, se acoge a los beneficios del artículo 51 del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.

- N O T A -

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.- Un dispositivo semiconductor para amplificar microondas que comprende una capa semiconductor provista epitaxialmente sobre un substrato y que tiene al menos dos contactos conectores, capa en la que puede ajustarse una resistencia diferencial negativa cuando la tensión continua entre los contactos conectores es suficientemente alta, caracterizado porque la capa epitaxial es adyacente a una región de límite que tiene una resistividad que es más alta que la resistividad de la capa epitaxial, estando los contactos conectores provistos en la dirección

5.- Dispositivo semiconductor de acuerdo con una o más de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque la capa epitaxial consiste de arseniuro de galio de tipo n que es hecha crecer epitaxialmente sobre un substrato de arseniuro de galio semi-aislante que tiene una resistividad de al menos 1000 ohm.cm.

6.- Dispositivo semiconductor de acuerdo con una o más de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque la capa epitaxial consiste de arseniuro de galio de tipo n que tiene una resistividad comprendida entre aproximadamente 0,1 ohm.cm y aproximadamente 10 ohm.cm.

7.- Dispositivo semiconductor de acuerdo con una o más de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque la capa epitaxial tiene un espesor de como máximo 5 micrómetros.

8.- Dispositivo semiconductor de acuerdo con la reivindicación 7, caracterizado porque la capa epitaxial tiene un espesor de como máximo 1 micrómetro.

9.- Dispositivo semiconductor de acuerdo con una o más de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque la constante dieléctrica relativa de la región de límite es al menos dos veces mayor que la de la capa.

10.- Dispositivo semiconductor de acuerdo con la reivindicación 9, caracterizado porque la capa consiste de arseniuro de galio de tipo n y la región de límite contiene titanato de bario, titanato de estroncio o dióxido de titanio.

11.- Dispositivo semiconductor de acuerdo con una o más de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque la región de límite está constituida por una capa

que está provista sobre dicha capa epitaxial sobre el lado de la capa epitaxial, alejado del sustrato.

5 12.- Dispositivo semiconductor de acuerdo con una o más de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque la distancia mínima entre los contactos conectadores es al menos igual a 100 micrómetros.

10 13.- Dispositivo semiconductor de acuerdo con una o más de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque entre dichos contactos conectadores está provisto un contacto de entrada y/o un contacto de salida.

15 14.- Dispositivo semiconductor de acuerdo con la reivindicación 13, caracterizado porque está provisto un contacto de entrada y un contacto de salida, siendo la distancia entre los mismos al menos igual a 200 micrómetros.

15.- Un dispositivo semiconductor para amplificar microondas.

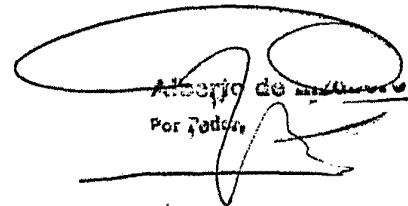
20 Tal y como se ha descrito en la Memoria que acompaña, representada en los dibujos que se acompañan, y con los firmes que se han especificado.

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

26 FEB 1971

Madrid,

P.A.

25

Alberto de M...
Por Joder,

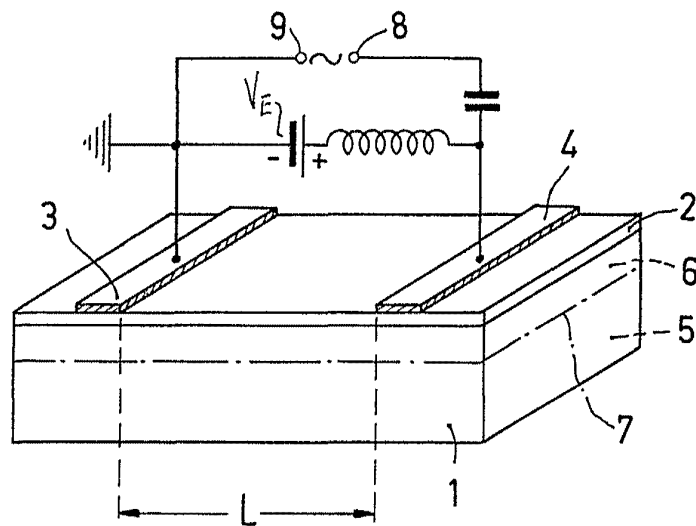


fig.1

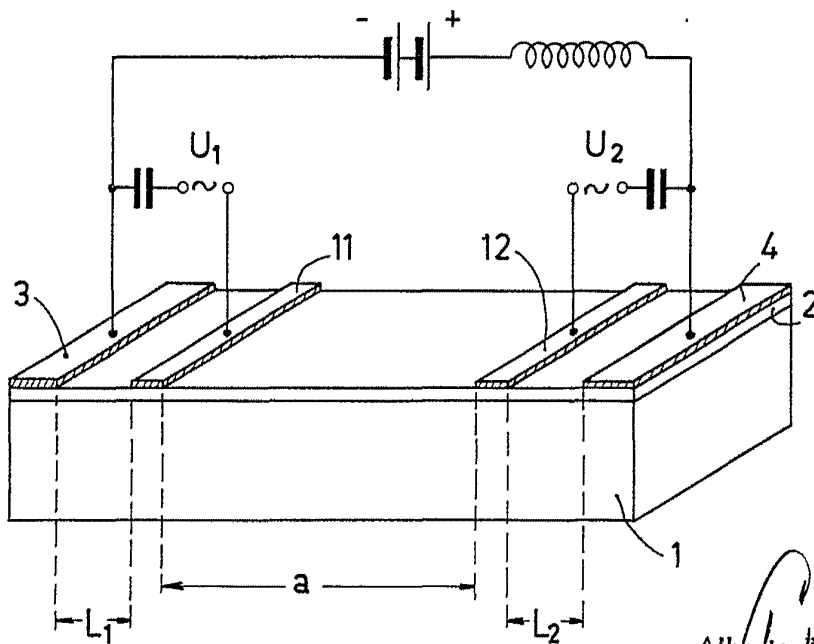


fig.3

Alberto Le...
Per Polar.

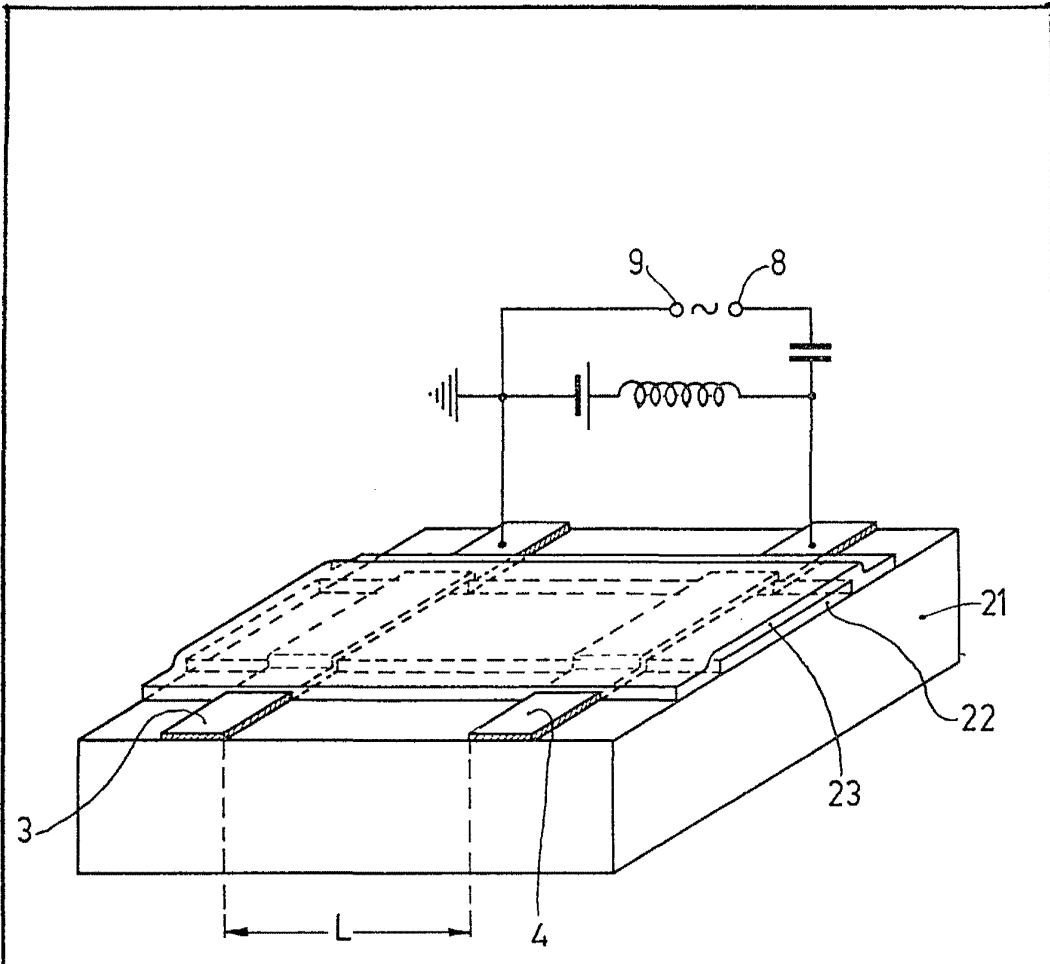


fig.4

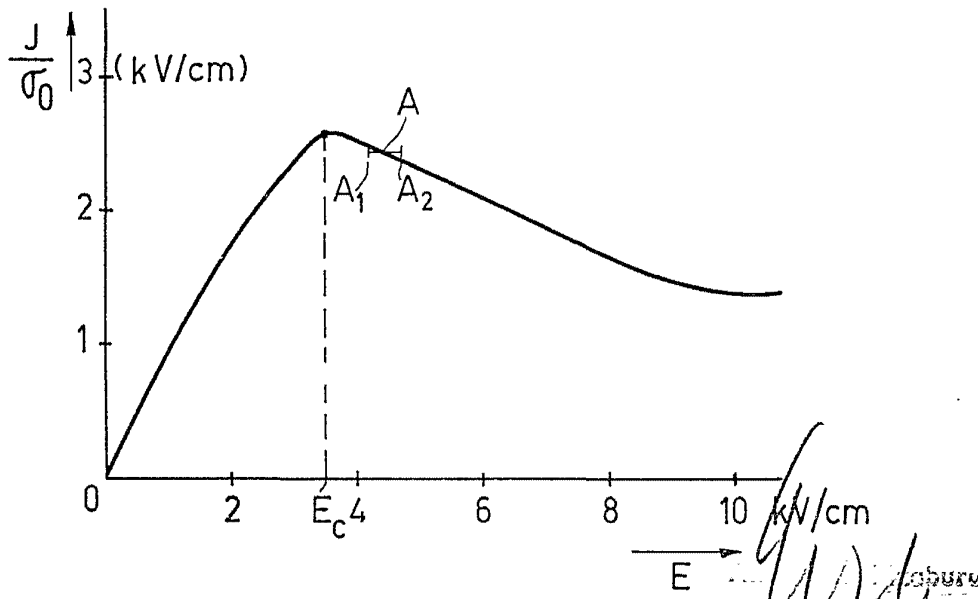


fig.2