355783

P.- 38.943

1508-F=Caso
H.Weinerth 11

Memoria descriptiva

para solicitar Patente de Invención en España **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 METODO PARA LA FABRICACION DE UN CIRCUITO DE ESTADO SOLIDO ADAPTABLE COMO SINTONIZADOR DE ALTA FRECUENCIA" (Clase Internacional H03j)

Resumen de la descripción

El invento consiste en un método para fabricar un sintonizador monolítico de H.F. formando regiones de baja resistividad que rodean un transistor planar y un diodo capacitivo formados dentro del substrato. Estas regiones de baja resistencia se forman por difusión subepitaxial de capas enterradas en dos etapas. Estas regiones de baja resistividad reducen la capacitancia de la capa barrera no deseada y así se obtiene un mejor control en las características de sintonización del dispositivo.

Antecedentes del invento

Este invento se refiere a la fabricación de sintonizadores monolíticos de estado sólido de alta frecuencia. El presente invento está basado en el problema de formar un sintonizador monolítico de alta frecuencia, integrado, de estado sólido que tenga un transistor de alta frecuencia dispuesto en una conexión de base a tierra, y un diodo capacitancia (varactor) para hacer la sintonización electrónica de un circuito resonante que consiste en un diodo de capacitancia y una inductancia. La figura 1 muestra un tipo de estos circuitos sintonizadores de alta frecuencia en el que no se ha representado el elemento de inductancia. El transistor está indicado por la referencia numérica 1, y el diodo capacitancia está indicado por la referencia numérica 2. Cuando se pasa de un sintonizador de alta

26 AGO

frecuencia compuesto por componentes semiconductores discretos a un tipo de sintonizador integrado monolíticamente se presenta el problema de adaptar los pasos tecnológicos del proceso de fabricación del transistor de alta frecuencia con las etapas del proceso de fabricación del diodo capacitancia para obtener valores eléctricos óptimos. En el curso de esto, especialmente la resistencia serie de los componentes individuales y la dependencia de voltaje de la capacidad del diodo capacitancia tienen que tomarse en cuenta. Este problema se discutirá primeramente con relación a una posible integración de un circuito sintonizador monolítico de estado sólido de acuerdo con la figura 2 de los dibujos.

La figura 2, en una capa semiconductora que comprende las zonas 3 y 4 de conductividad de tipo opuesto y un bajo envenenamiento, muestra el transistor de alta frecuencia 1 y el diodo capacitancia 2 con la unión pn 7. La zona emisora del transistor de alta frecuencia está indicada por la referencia numérica 9, y la unión colector-base está indicada por la referencia numérica 10. La zona de colector del transistor de h.f. y una capa del diodo de capacitancia están conectados en común por el contacto óhmico 8. La geometría de la zona que tiene que difundirse puede elegirse con gran libertad teniendo en cuenta el método generalmente conocido de difusión planar. Debido a las diferentes profundidades de penetración y tipos de conductividad de las zonas difundidas, la estructura de acuerdo con la figura 2, cuando se utiliza como sintonizador de alta frecuencia tiene el inconveniente de tener una dependencia de voltaje relativamen-

te baja de la capacidad del diodo de capacitancia. Además, la resistencia serie del colector así como la resistencia serie del diodo de capacitancia no pueden llevarse simultáneamente a un valor bajo óptimo.

Finalmente, y como puede verse en la figura 2, se requieren difusiones planares separadas con procesos especiales de enmascaramiento para todas las zonas difundidas.

Resumen del invento

Un objeto de este invento es la fabricación de un circuito integrado de estado sólido monolítico que tenga características eléctricas mejoradas.

Otro objeto de este invento es la fabricación de un circuito integrado monolítico de estado sólido que pueda funcionar como un sintonizador de alta frecuencia con características eléctricas mejoradas.

El presente invento se refiere a un método de fabricación de un circuito monolítico de estado sólido adaptable como sintonizador de alta frecuencia que comprenda por lo menos un transistor de alta frecuencia y un diodo de capacitancia con una capacidad que dependa fuertemente del voltaje empleando la difusión planar y el método epitaxial. Los problemas a que nos hemos referedo antes, que se presentan en el curso de la fabricación y al intentar conseguir valores eléctricos óptimos favorables, se resuelven extensamente con el presente invento, en el que en una capa semiconductora de alta resistividad de un tipo de conductividad que sirve como subs-

trato y antes de la aplicación epitaxial de una capa semiconductora relativamente fina de alta resistividad del otro tipo de conductividad, se hace una difusión planar para producir una primera isla de baja resistencia de conductividad del tipo de la caja semiconductora en la superficie del borde entre el substrato y dicha primera capa semiconductora, que subsecuentemente a la aplicación de la capa semiconductora dentro del área marginal de la primera isla antes de la aplicación epitaxial de una segunda capa semiconductora ancha de resistencia relativamente elevada, se produce una segunda isla de baja resistencia de conductividad del tipo del de la primera isla, tocando la última subsecuentemente a la aplicación epitaxial de la segunda capa semiconductora por difusión planar, y porque, finalmente, subsecuentemente a la aplicación de la segunda capa semiconductora próxima a la segunda isla y dentro del área marginal de la primera isla, por difusión planar, se produce la zona de base del transistor y, simultáneamente con la zona de emisor del transistor en la segunda isla, una zona de difusión en frente de la unión pn del diodo de capacitancia.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 muestra un circuito sintonizador de alta frecuencia sin el elemento de inductancia.

La figura 2 muestra un sintonizador de circuito integrado de estado sólido monolítico.

20 AGO

La figura 3, en vista superior, muestra esquemáticamente los contactos y la sucesión de zonas de un circuito monolítico de estado sólido fabricado de acuerdo con el método que se propone en el presente invento.

La figura 4 muestra las zonas o secuencias de capas de la figura 3 en una sección tomada a lo largo de la línea A-A' de la figura 3.

La figura 5 muestra una vista en sección correspondiente tomada a lo largo de la línea B-B' de la figura 3.

La figura 6, en vista en sección, muestra un circuito de estado sólido monolítico fabricado de acuerdo con el presente invento.

Descripción de la realización preferida.

El circuito monolítico de estado sólido representado en la figura 6 comprende un transistor de alta frecuencia, un diodo de capacitancia, y, adicionalmente, un diodo conmutador con cuya ayuda, el circuito de estado sólido, cuando se utiliza como sintonizador de alta frecuencia, puede conectarse eléctricamente al circuito restante aplicando un potencial de polarización adecuado al diodo de conmutación.

Las figuras 3 a 6 muestran una capa que dependiendo de los requerimientos, puede contener más circuitos de estado sólido con los correspondientes diodos de conmutación que sirven como sintonizadores de alta frecuencia. Los circuitos individuales pueden estar separa-

20 AGO

dos eléctricamente en forma convencional mediante mucosas o uniones pn.

Al fabricar diodos de capacidad discreta y para evitar la formación de canales de superficie se elige usualmente silicón de tipo n como material inicial. En este material de origen con una resistencia específica del orden de 1 ohmio cm se hace lo primero una difusión de n^+ con una profundidad de penetración de alrededor de 1 a 3 /u en el cuerpo semiconductor. El perfil de imperfección o impureza resultante con una concentración creciente de impureza en la profundidad del cuerpo semiconductor será el resultado en el caso de un diodo terminado con una dependencia especialmente elevada de voltaje de la capacidad de carga de espacio. Después de la difusión de n^+, para establecer la unión pn, se hace, dentro del perfil de impureza de difusión n^+, una difusión p, por ejemplo con la ayuda de boro. La profundidad de la unión pn se elige generalmente entre 0,3 y 1,5 /u.

El invento está basado en la idea de elegir la difusión de emisor del transistor de H.F. de forma que pueda servir simultáneamente la difusión del perfil de impureza para el diodo de capacitancia. En el curso de esto se nota favorablemente que la profundidad de penetración de la difusión de emisor 14 y de la difusión 15 del perfil de impureza para el diodo de capacitancia son aproximadamente iguales (cf. figura 4).

Al fabricar un circuito monolítico de estado sólido de acuerdo con las figuras 3 a 5, las etapas de fabricación de acuerdo con el presente invento son las siguientes:

En primer lugar, en una capa semiconductora de alta resistividad 4, por ejemplo de silicón tipo p, y empleando el método planar, generalmente conocido, se fabrica una capa n^+ de baja resistividad correspondiente a la isla 5, y sobre esta capa enterrada, utilizando el método conocido de epitaxia, se deposita una primera capa semiconductora tipo n monocristalina de resistividad relativamente elevada. Puesto que bajo la temperatura relativamente elevada que es necesaria para esto, aparece una difusión de las impurezas, la isla 5 se extiende al substrato 4 así como a la capa epitaxial. A continuación y dentro del área marginal de la primera isla 5, en forma de anillo abierto, se fabrica una segunda isla 6 de acuerdo con el conocido método planar por medio de una epitaxia subsecuente de una segunda capa semiconductora del mismo tipo de conductividad que el de la primera capa.

Al dimensionar las capas y controlar los procesos de difusión, los procesos de difusión sucesivos tendrán que tomarse en consideración cada vez, de forma que resulte finalmente la estructura deseada de acuerdo con lo representado en las figuras 4 y 5. Después de la aplicación epitaxial de la segunda capa de semiconductor, utilizando el método planar conocido, y de acuerdo con la geometría representada en las figuras 3 a 5 se establece la unión colector-base 10 del transistor de h. f. y junto con la difusión de emisor 14, se hace la difusión 15 del diodo de capacitancia, y subsecuentemente, la difusión para fabricar la unión pn 7 del diodo de capacitancia. Subsecuentemente al contacto óhmico de las islas

5 y 6, el contacto 6, de material de aleación con un gradiente de temperatura creciente, se lleva al interior de la capa semiconductora. A este fin, la capa semiconductora en la cara que no está frente al contacto de aleación, se caliente fuertemente, en el caso de silicón, por ejemplo a una temperatura de alrededor de 1000ºC y se mantiene frío por el otro lado. Incluso con cantidades relativamente pequeñas de material de aleación, este método produce profundidades de aleación relativamente grandes y bien reproductibles. Para las zonas de contacto, los hilos conductores 11, 12 y 13 se extienden fuera de las áreas de contacto encima de la capa de óxido de silicón, y se aplican subsecuentemente. Por el método de acuerdo con el presente invento las islas altamente envenenadas 5 y 6 pueden colocarse arbitrariamente próximas a las uniones 7 ó 10 respectivamente. De esta forma se puede conseguir una resistencia serie óptimamente baja en el caso de todos los elementos individuales del circuito de estado sólido. Esto tiene también una importancia especial en el caso de una integración posterior de acuerdo conlla figura 6.

La figura 6 muestra un circuito monolítico de estado sólido que puede usarse como sintonizador de alta frecuencia con un conmutador electrónico. Este circuito comprende adicionalmente un diodo de conmutación 16 con una unión pn 17, el contacto óhmico 18, y una isla de baja resistividad 19. El diodo 16 que puede utilizarse como un conmutador está separado eléctricamente del circuito de estado sólido restante, como el último está con relación a otros elementos, con la ayuda de zonas

aislantes difundidas 15. Las difusiones adicionales necesarias con relación a la fabricación de un circuito de estado sólido de acuerdo con las figuras 3 a 5 puede estar combinada de tal forma con el método de acuerdo con el invento que no son necesarias nuevas operaciones. En la fabricación del diodo de conmutación 16 puede omitirse la difusión planar para la fabricación de la zona 15 y la isla 5 que son necesarios con relación al diodo de capacitancia 2. Una isla correspondiente a la isla 5 por debajo del diodo de conmutación 16 aumentaría la capacidad parásita con relación al substrato en una forma no conveniente.

Al hacer contacto las zonas de un circuito de estado sólido que comprende una pluralidad de pares de transistor-diodo de capacitancia deben disponerse cuidadosamente los terminales conductores de forma que se evite cualquier acoplamiento no deseado de las inductancias asignadas. El contacto de las islas 6 y 19 mediante aleación en el gradiente de temperatura que se ha descrito anteriormente, y en conexión con el método de acuerdo con el presente invento, tiene la importancia particular de que pueden utilizarse bajas temperaturas para los contactos de forma que una vez ajustados los valores característicos del diodo de capacitancia 2 que están determinados por la imperfección o perfil de impureza en la unión 7 ya no estará sujeta a cambios en el curso de otra difusión de puntos de impureza.

Esta solicitud que corresponde a la presentada en República Federal Alemana el día 6 de julio de 1967, bajo el número P. 53.520, se acoge a los beneficios del

artículo 91 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 método para la fabricación de un circuito de estado sólido adaptable como sintonizador de alta frecuencia, monolítico, que tiene por lo menos un transistor de alta frecuencia que tiene una región de emisor, de base y de colector y un diodo de capacitancia que tiene una unión pn con una capacidad que depende grandemente del voltaje, utilizando el método de difusión planar y la epitaxia que comprende las etapas de: depositar una primera capa de material de un tipo de conductividad en un substrato de conductividad de tipo opuesto que tiene una resistividad mayor que la de dicha primera capa; depositar epitaxialmente una segunda capa de material del mismo tipo de conductividad y de una resistividad superior a la de dicha primera capa en dicha primera capa y dicho substrato; formar una primera isla entre dicho substrato y dicha segunda capa por difusión epitaxial de dicha primera capa en dicho substrato y dicha segunda capa;

depositar una tercera capa de material del mismo tipo de conductividad y resistividad que dicha primera capa dentro del área marginal de dicha primera isla en dicha segunda capa; depositar epitaxialmente una cuarta capa de material de la misma conductividad y resistividad que dicha segunda capa y de mayor espesor que dicha segunda capa en dichas capas segunda y tercera; formar una segunda isla entre dicha segunda y cuarta capa que tengan un diámetro interior y exterior por difusión subepitaxial de dicha tercera capa en dichas capas segunda y cuarta dentro del área marginal de dicha primera isla y tocando dicha primera isla; producir dichas regiones de base y de emisor de dicho transistor dentro de dicha primera isla y en el diámetro interior de dicha segunda isla; y producir dicha unión pn de dicho diodo de capacitancia y una zona de difusión en frente de dicha unión situada sobre y separada de dicha segunda isla.

2.- Un método para la fabricación de un circuito de estado sólido adaptable como sintonizador de alta frecuencia, monolítico, según la reivindicación 1 en el que dicha primera isla, directa o indirectamente a través de dicha segunda isla está en contacto con dicha capa semiconductora por la aleación de un material de aleación en el gradiente de temperatura de una temperatura creciente.

3.- Un método para la fabricación de un circuito de estado sólido adaptable como sintonizador de alta frecuencia, monolítico, según la reivindicación 1 en el que dicha capa semiconductora, simultáneamente con dicha unión pn del diodo de capacitancia y la segunda isla, se

20 AGO

produce una tercera isla y la unión pn del diodo de conmutación capaz de usarse como conmutador de alta frecuencia del sintonizador de alta frecuencia, y porque dicho diodo de conmutación está rodeado por lo menos por una capa que se extiende a través de dichas capas epitaxiales que tienen la conductividad del tipo de la de dicho substrato.

4.- Un método para la fabricación de un circuito de estado sólido adaptable como sintonizador de alta frecuencia, monolítico, según la reivindicación 1, en el que la unión pn de dicho diodo de capacitancia está diseñada para rodear parcialmente la zona de base de dicho transistor.

5.- Un método para la fabricación de un circuito de estado sólido adaptable como sintonizador de alta frecuencia.

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

La presente memoria consta de trece hojas escritas a máquina por una sola cara.

Madrid, 20 AGO. 1968

P.A.

Alberto de Elzaburu
Por Poder.

SAP/

15.7.1968

355783

Fig. 1

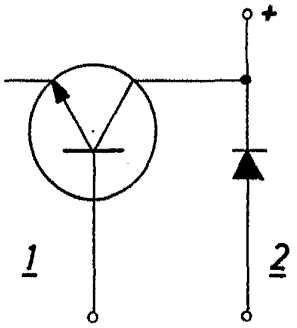


Fig. 2

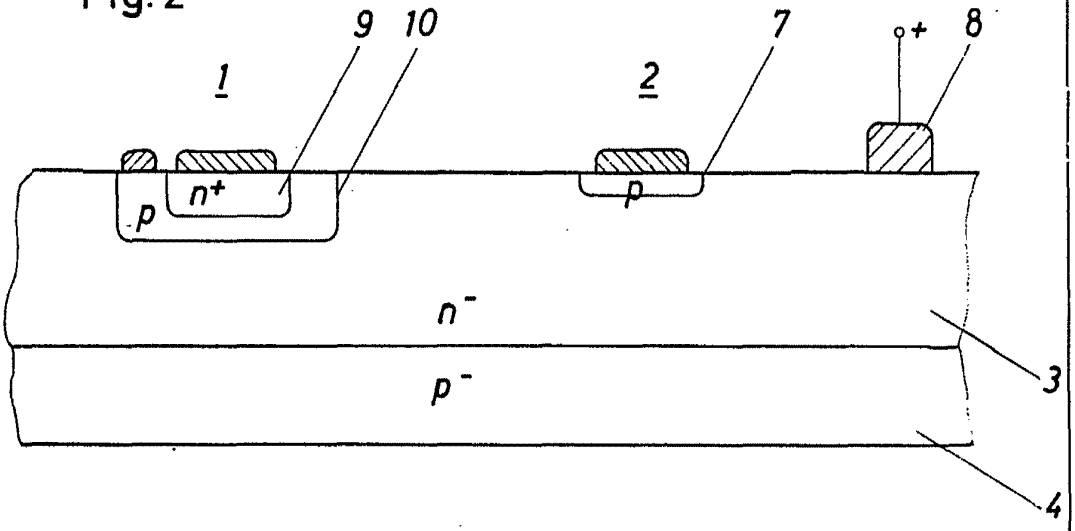
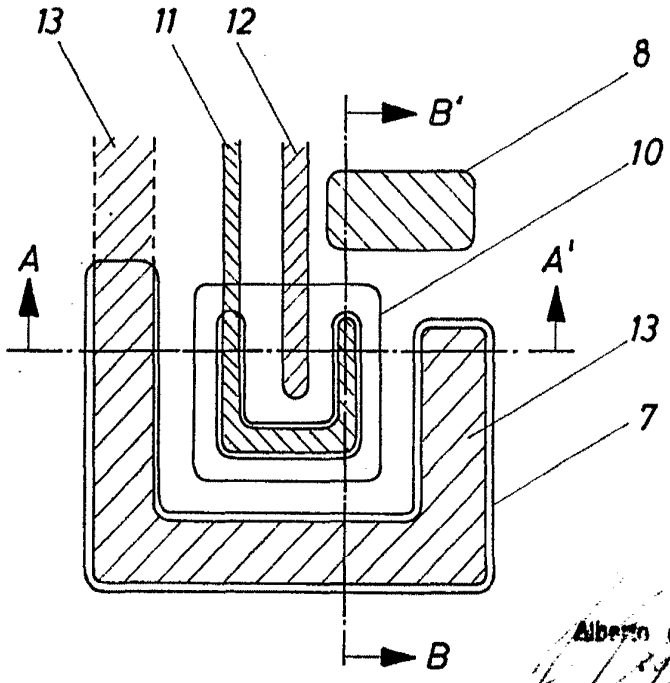


Fig. 3



355783

Fig. 4

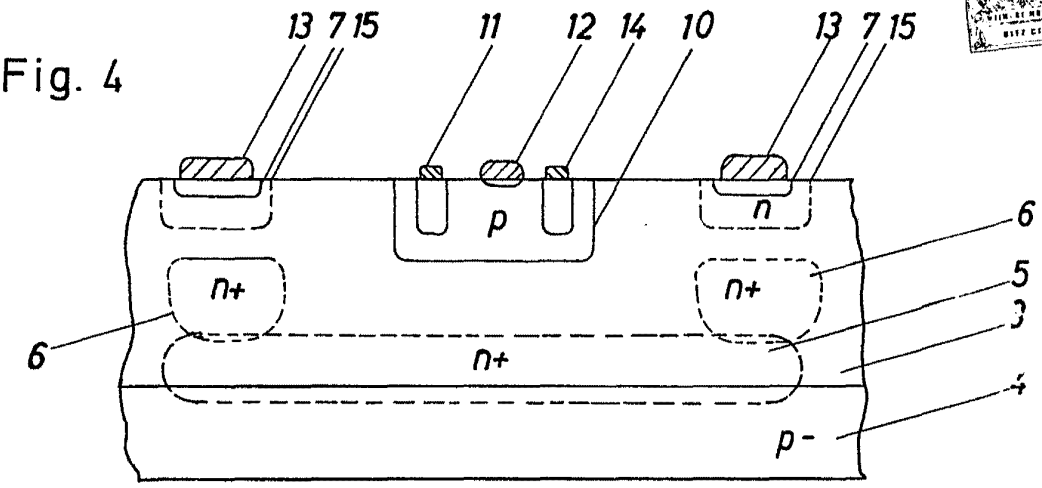


Fig. 5

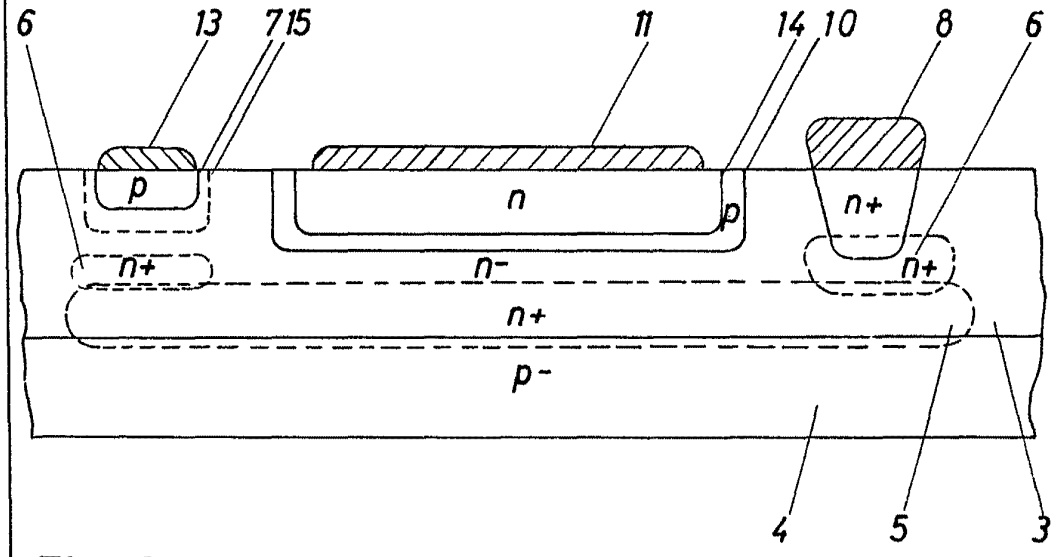


Fig. 6