

405217

27



P.- 51.465

PHN 5.705 A Div.

F.C. 15-11-74

Int. Cl.²: HO1L

MEMORIA DESCRIPTIVA

para solicitar PATENTE DE INVENCION por 20 años

A nombre de N.V. PHILIPS'GLOEILAMPENFABRIEKEN

entidad holandesa

establecida en Emmasingel 29, Eindhoven, Holanda

por: "UN DISPOSITIVO SEMICONDUCTOR ADECUADO PARA
UTILIZACION EN UNA DISPOSICION DE CIRCUITO
QUE TIENE AL MENOS UN ELEMENTO QUE ES ACTI-
VADO POR RADIACION"

(Clase Internacional HO11)

405217

27



El invento se refiere a un dispositivo semiconductor que tiene un elemento de circuito que es activado por medio de radiación y es adecuado para su utilización en una disposición de circuito.

5

Un objeto particular del invento es evitar la conexión externa de líneas de alimentación para la alimentación eléctrica de activación de al menos parte de tal disposición de circuito, de modo que la disposición de circuito se hace extremadamente adecuada para ser construida como dispositivo semiconductor integrado, en el cual pueden ser omitidos varios de los puntos de conexión de alimentación de dicho dispositivo semiconductor, o bien solamente son necesarios puntos de conexión para las señales eléctricas de entrada y salida. Por consiguiente, una disposición de circuito de acuerdo con el invento, se diferencia, en general, de los circuitos transistorizados controlados por luz conocidos, en los cuales las señales luminosas controlan la conductividad de un transistor que es activado por una fuente de corriente eléctrica, en que, de acuerdo con el invento, la energía necesaria para obtener amplificación eléctrica es suministrada por medio de la luz incidente o, en general, por la radiación

10

15

20

25

5.7.72

405217

27



incidente.

El significado de la expresión "radiación", como se utiliza aquí, no está restringido a la luz visible sino que también incluye la luz infrarroja y ultravioleta, respectivamente, y en general aque-
5 lla radiación para la cual el material semiconductor presenta una conversión en energía eléctrica.

Ha de ser considerado aquí que las expresiones "activado" y "activando" significan "alimentado con energía" o "alimentando con energía" reque-
10 rida para la amplificación de señal, o sea la alimentación completa o la alimentación de la mayor parte de la corriente principal a través del pertinente elemento de circuito. En el caso de un tran-
15 sistor bipolar, dicha corriente principal está constituida por la corriente emisor-colector, en el caso de un transistor de efecto de campo por la corriente de canal entre los electrodos de entrada y salida, en un transistor de monounión o de base do-
20 ble por la corriente que pasa desde una base a la otra, etc. Además, para el funcionamiento de tal elemento de circuito, es necesario usualmente suministrar una corriente adicional de polarización o una tensión de polarización a un electrodo de con-
25 trol, cuya corriente de polarización o tensión de

405217

27 JUN 1952



polarización pueden también ser suministradas por medio de la radiación incidente. La radiación en los dispositivos semiconductores que se describirán aquí posteriormente, puede servir aún exclusivamente para producir corrientes o tensiones de polarización.

Los circuitos conocidos transistorizados activados por luz, comprenden un elemento semiconductor del cual una o más uniones p-n están expuestas a radiación, de modo que tal unión se comporta como una fuente de corriente eléctrica para la activación de uno o varios transistores adicionales del circuito.

El objeto del invento es crear dispositivos semiconductores que comprenden una estructura de transistor simple y eficaz que tiene una unión p-n que va a ser polarizada mediante exposición a radiación, cuyos dispositivos pueden ser también utilizados ventajosamente en disposiciones de circuito de acuerdo con el invento.

De acuerdo con un primer aspecto del invento, un dispositivo semiconductor adecuado para utilización en una disposición de circuito y que comprende un cuerpo semiconductor que tiene un transistor con una zona de emisor, una zona de base

405217

27



y una zona de colector cada una de las cuales está provista de un contacto de conexión, en el cual se encuentran medios ópticos para polarizar la unión emisor-base del transistor en sentido directo, al menos transitoriamente, por irradiación óptica y una fuente de alimentación para polarizar la zona de colector en el estado de absorción de portadores, son suministradas señales eléctricas de entrada al transistor entre los contactos de conexión de la zona de base y la zona de emisor y son tomadas señales eléctricas de salida del contacto de conexión de la zona de colector, está caracterizado porque la zona de colector está en posición contigua a una superficie principal del cuerpo semiconductor y, vista sobre dicha superficie principal, la zona completa de colector está situada sobre una parte de la zona de base, la zona de base está en posición contigua a la superficie principal contorneando a la zona de colector, la zona de base y la zona de colector juntas son contiguas a la superficie principal solo localmente y la zona de emisor se extiende por debajo de la zona de base completa, en el cual los medios ópticos son medios que suministran, por intermedio de dicha superficie principal, radiación óptica a las inmediaciones de la unión

405217

27



emisor base del transistor de modo que la corriente
fotoeléctrica generada por los medios ópticos a
través de la unión emisor base en el caso de un cor-
tocircuito exterior a través de esta unión emisor
5 base es mayor que la corriente a través de la unión
colector base en el caso de un cortocircuito exte-
rior a través de esta unión colector base.

El invento se basa, entre otras cosas, en
el reconocimiento del hecho de que aunque la utili-
10 zación de un transistor invertido, es decir un tran-
sistor cuya unión emisor-base está situada más pro-
fundamente en el cuerpo semiconductor que la unión
colector base, puede dar lugar a un factor de ampli-
ficación ligeramente menor, la utilización de un
15 transistor invertido es, a pesar de todo, preferida
desde un punto de vista de absorción de radiación.
Además, para circuitos como los antes descritos,
el factor de amplificación resultante de los tran-
sistores es por lo general suficiente. Además, la
20 utilización de transistores invertidos permite una
forma de integración particularmente favorable, co-
mo se evidenciará aquí posteriormente.

Así el invento está basado, entre otras
cosas, en el reconocimiento del hecho de que la es-
25 tructura de transistor invertido antes mencionada

405217

27 JUL



puede tener ciertas ventajas con relación a un transistor de silicio planar convencional cuya zona de emisor es una zona de superficie altamente impurificada que queda en posición contigua a una superficie del cuerpo semiconductor y en el cual la unión emisor base está situada en estrecha proximidad bajo dicha superficie, siendo suministrada radiación óptica a los alrededores de la unión emisor base por intermedio de la mencionada superficie.

10 Esto está asociado con el hecho de que, por ejemplo al emplear materiales semiconductores usuales tales como germanio y silicio, es absorbida principalmente solo la luz azul en la delgada zona de emisor y además los pares electrón hueco resultantes en la zona de emisor altamente impurificada se recombinan en su mayor parte antes de que puedan contribuir a la corriente fotoeléctrica a través de la unión emisor base. La recombinación rápida se debe a la gran concentración de impureza en la zona de emisor de un transistor planar usual y dicha concentración de impureza debe ser alta puesto que la zona de emisor se obtiene usualmente por difusión en una parte de superficie de una zona de fase ya sometida a difusión. La luz verde y roja penetran más profundamente en el cuerpo semiconductor

405217



del transistor, como resultado de lo cual esta absorción contribuye también solamente en pequeño grado a la corriente fotoeléctrica a través de la unión emisor-base, mientras que es precisamente la luz
5 roja la que constituye una componente importante de la radiación emitida por fuentes de radiación usuales, por ejemplo lámparas de incandescencia.

En un dispositivo semiconductor de acuerdo con el primer aspecto del invento, la zona de
10 colector está construida como zona de superficie contigua a la superficie principal del cuerpo semiconductor, mientras que la unión base emisor, vista desde la superficie principal, está dispuesta más profundamente en el cuerpo semiconductor y por
15 debajo de la unión base colector, lo que ha demostrado ser favorable para producir una corriente fotoeléctrica y/o una tensión fotoeléctrica a través de la unión emisor base.

En la fabricación del dispositivo semiconductor de acuerdo con el invento, se tiene más
20 libertad para elegir la concentración de impureza de la zona de emisor que en la fabricación de un transistor planar usual, puesto que no se necesita disponer la zona de emisor como zona de superficie
25 obtenida por difusión en una parte de superficie

405217



de una zona de base obtenida por difusión. Como resultado de esto, el grado de impurificación de la zona de emisor puede ser adaptado mejor a los requerimientos relacionados con la generación de una corriente fotoeléctrica y/o una tensión fotoeléctrica a través de la unión emisor-base.

La parte de la zona de base contigua a la superficie principal del cuerpo semiconductor, presenta, preferiblemente en una dirección hacia dicha superficie principal, una concentración creciente de impureza, puesto que una alta concentración de impureza en la superficie principal reduce la recombinación de superficie de los portadores de carga presentes en la zona de base, como resultado de lo cual mejora el factor de amplificación del transistor. En este caso, la concentración de impureza según una dirección hacia la superficie principal puede aumentar gradualmente, como en una zona de superficie obtenida por difusión, o puede aumentar de un modo más brusco.

Una importante realización del dispositivo semiconductor de acuerdo con el primer aspecto del invento, que tiene una estructura simple que puede ser fácilmente fabricada y que es muy adecuada para integración, está caracterizado porque el

405217



cuerpo semiconductor comprende un substrato semiconductor que tiene una capa epitaxial que está dispuesta sobre dicho substrato y en la cual se encuentra la zona de base del transistor, perteneciendo al menos a la zona de emisor la parte del substrato contigua a la capa epitaxial.

La zona de emisor del cuerpo semiconductor rodea preferiblemente y por completo a la zona de base, quedando también la zona de emisor en posición contigua a la superficie. Manteniendo invariable las dimensiones de la zona de base, esto se traduce en un aumento de la unión emisor-base bajo exposición y por lo tanto de la corriente fotoeléctrica que va a obtenerse. Además, puede establecerse contacto también a la zona de emisor, si se desea, en la mencionada superficie.

Puede conseguirse un aumento adicional de la unión emisor base y por lo tanto de la corriente fotoeléctrica a ser obtenida, a causa de que la zona de emisor comprende una zona de superficie (denominada zona de emisor de reborde) que está situada junto a la zona de colector, está separada por la zona de base de la parte de la zona de emisor situada bajo la zona de base y está en posición adyacente a una parte de la zona de emisor contigua a

405217 27



la superficie y situada junto a la zona de base.

Una importante realización del dispositivo semiconductor de acuerdo con el primer aspecto del invento que se refiere, entre otras cosas, a la integración de disposiciones de circuito de
5 acuerdo con el invento, en la cual aparecen transistores que tienen emisores interconectados, está caracterizada porque, además del primer transistor ya mencionado, el cuerpo semiconductor comprende otro
10 transistor que tiene una zona de colector contigua a la superficie principal del cuerpo semiconductor, en el cual, visto sobre la superficie principal, dicha zona de colector está situada sobre una parte de la zona de base del otro transistor, estando
15 en posición contigua dicha zona de base a la superficie principal contorneando a la zona de colector, y extendiéndose la zona de emisor, que es común al otro transistor y al ya mencionado primer transistor, bajo la zona completa de base de ambos tran-
20 sistores. Resultará obvio que pueden ser incorporados más de dos transistores que tengan una zona común de emisor en el dispositivo semiconductor y este será frecuentemente el caso en la práctica.

Los medios ópticos son preferiblemente
25 medios que suministran también radiación a los al-

405217

27



rededores de la unión base emisor del otro transis-
tor a fin de polarizar dicha unión, al menos tran-
sitoriamente, en sentido directo por la radiación
óptica, respecto a lo cual una importante realiza-
5 ción adicional está caracterizada porque la zona de
colector del primer transistor está conectada eléc-
tricamente a la zona de base del otro transistor,
se suministran señales eléctricas de entrada a la
zona de base del primer transistor y se toman seña-
10 les eléctricas de salida de la zona de colector del
otro transistor. Con esto, se obtiene una parte im-
portante de una disposición de circuito de acuerdo
con el invento en una forma integrada de un modo
simple y eficaz.

15 Las zonas de base de transistores que tie-
nen una zona común de emisor de un dispositivo se-
miconductor de acuerdo con el invento, están prefe-
riblemente separadas entre sí de tal manera que los
transistores laterales parásitos, cuyas zonas de
20 emisor y de colector están constituidas por las zo-
nas de base de los transistores que tienen una zona
común de emisor, no tienen efecto perturbador o so-
lamente lo tienen ligeramente. Una realización pre-
ferida está caracterizada, por consiguiente, porque
25 una zona de superficie que pertenece a la zona común

405217

27 JUN 1952



de emisor y que está impurificada en mayor grado que las zonas de base está situada entre las zonas de base del primero de los otros transistores. Median
te las zonas altamente impurificadas situadas entre
5 las zonas de base, es suprimido el efecto de los transistores laterales al menos en su mayor parte y además la recombinación de superficie se hace menor.

Otra realización preferida está caracte-
10 rizada porque está situada entre las zonas de base de uno y otro transistores una capa aislante que está incrustada en el cuerpo semiconductor y se extiende desde la superficie principal en el cuerpo semiconductor sobre una parte del espesor de dicho
15 cuerpo. Como resultado de esto, no se produce sustancialmente acción de transistor lateral.

De acuerdo con un otro aspecto del inven-
to, un dispositivo semiconductor que es adecuado para utilización en una disposición de circuito de
20 acuerdo con el invento y que comprende un cuerpo semiconductor que tiene un transistor con una zona de emisor, una zona de base y una zona de colector, en el cual se encuentran medios ópticos para polarizar la unión base emisor del transistor al menos
25 transitoriamente en sentido directo por irradiación

405217

27



5 óptica y una fuente de alimentación para polarizar la zona de colector en el estado de absorción de portadores, está caracterizado porque la zona de emisor comprende dos subzonas contiguas de un tipo de conductividad de las cuales una subzona tiene una resistividad más alta que la otra subzona y la primera subzona mencionada está situada entre la zona de base y la otra subzona y constituyendo la primera subzona mencionada junto con la zona de base, que es del tipo de conductividad opuesta, al menos la mayor parte de la unión base emisor.

15 El segundo aspecto del invento está basado, entre otras cosas, en el reconocimiento del hecho de que la zona de emisor de un transistor de un dispositivo semiconductor, por ejemplo un dispositivo semiconductor que es adecuado para utilización en una disposición de circuito de acuerdo con el invento, en la cual la unión base emisor está polarizada en sentido directo por radiación óptica debe mostrar preferiblemente no solo el alto grado de impurificación que es usual para una zona de emisor.

20 Se ha encontrado que la primera subzona de resistividad más alta de la zona de emisor de un dispositivo semiconductor de acuerdo con el cuarto

25

405217

27 JUL 1972



aspecto del invento, mejora el efecto electroóptico de la unión base emisor, es decir la generación de una corriente fotoeléctrica a través de la unión base emisor, mientras que a pesar de todo se tiene una eficiencia de emisor correcta. En efecto, para una eficiencia de emisor razonable, el espesor de la primera subzona que tiene resistividad más alta es preferiblemente más pequeño que la longitud de difusión de los portadores de carga minoritarios en la primera subzona de resistividad más alta. En vista de la alta calidad de los materiales semiconductores utilizados actualmente, en cuyos materiales tienen lugar longitudes de difusión de 100 μm y más, esto representa en la práctica difícilmente una restricción con respecto al espesor de la primera subzona puesto que en la tecnología de semiconductores se construyen usualmente zonas de un elemento de circuito semiconductor con un espesor considerablemente menor que 100 μm . En realizaciones prácticas de un dispositivo semiconductor de acuerdo con el cuarto aspecto del invento, el espesor de la primera zona parcial se escogerá frecuentemente de modo que estará comprendido entre 0,1 μm y 50 μm .

A lo sumo con la excepción de las partes

405217.



de borde de la unión base emisor, dicha unión está constituida preferiblemente por la primera subzona y la zona de base.

Una realización importante de un dispositivo semiconductor de acuerdo con el segundo aspecto del invento, está caracterizada porque la zona de colector está en posición contigua a una superficie principal del cuerpo semiconductor y, vista sobre dicha superficie principal, la zona completa de colector está situada sobre una parte de la zona de base, la zona de base queda en posición contigua a la superficie principal contorneando la zona de colector, la zona de base está situada por completo sobre la primera subzona de la zona de emisor, dicha primera subzona está situada sobre la otra subzona de la zona de emisor, y la primera subzona, en dirección paralela a la superficie principal, está limitada por una región que rodea la zona de base, se extiende desde la superficie principal en el cuerpo semiconductor, es contigua con la parte de la otra subzona situada bajo la primera subzona, y constituye con la primera subzona una unión que impide la penetración de portadores de carga minoritarios de la primera subzona en la región.

En esta realización el transistor presen

5.7.72

405217

27 JUL



ta sorprendentemente un factor de amplificación particularmente favorable, lo cual, según se piensa, está basado en lo siguiente: cuando la unión emisor base está polarizada en sentido directo, son también inyectados portadores de carga desde la zona de base en la zona de emisor en la que hay portadores de carga minoritarios. Para una eficiencia de emisor buena, sin embargo, dicha inyección deberá ser tan pequeña como sea posible. Los portadores de carga minoritarios inyectados en la primera subzona de la zona de emisor, pueden penetrar dentro de la otra subzona más altamente impurificada de la zona de emisor solamente con dificultad, mientras que además es difícil para ellos escapar lateralmente debido a la presencia de dicha región. Como resultado de esto, los portadores de carga minoritarios inyectados tienen una larga permanencia en la primera subzona contigua a la zona de base, como resultado de lo cual la inyección procedente de la zona de base en la primera subzona es restringida.

Una realización favorable de un dispositivo semiconductor de acuerdo con el segundo aspecto del invento, que es particularmente adecuada para su construcción como dispositivo semiconductor integrado, está caracterizada porque el cuerpo semi-

405217 27



conductor comprende un substrato semiconductor que
tiene una capa epitaxial que está dispuesta sobre
el mismo y que está en posición contigua con una
superficie principal del cuerpo semiconductor, en
5 cuya capa epitaxial se encuentra la zona de base
como zona contigua a la superficie principal contor-
neando la zona de colector y que se extiende sola-
mente sobre parte del espesor de la capa epitaxial
y que está situada bajo la zona completa de colec-
10 tor contigua a la superficie principal, pertenecien-
do al menos la parte de la capa epitaxial situada
bajo la zona de base a la primera subzona de la zo-
na de emisor y perteneciendo al menos la parte del
substrato contigua a la capa epitaxial a la otra
15 subzona de la zona de emisor, siendo los medios
ópticos medios que suministran radiación a los al-
rededores de la unión base emisor por intermedio
de la superficie principal.

En este caso, la región se extiende pre-
20 feriblemente en todo el espesor de la capa epita-
xial siendo la región del mismo tipo de conductivi-
dad que la zona de emisor y estando impurificada en
un grado más alto que la zona de base y pertenecien-
do a la otra subzona de la zona de emisor.

25 La región puede componerse también venta

40521727 J



josamente de un material aislante, por ejemplo, óxi-
do de silicio, y extenderse en todo el espesor de
la capa epitaxial.

Con miras a un factor de amplificación
5 óptimo del transistor, la primera subzona no es pre-
feriblemente mayor de lo necesario, para cuyo fin
una realización preferida de un dispositivo semi-
conductor de acuerdo con el cuarto aspecto del in-
vento está caracterizada porque la zona de base es-
10 tá limitada por la región en direcciones paralelas
a la superficie principal.

De acuerdo con un tercer aspecto del in-
vento, un dispositivo semiconductor que es adecua-
do para utilización en una disposición de circuito
15 de acuerdo con el invento y que tiene un cuerpo se-
miconductor con un transistor que tiene una zona
de colector, que se encuentra en una de las caras
del cuerpo semiconductor, que constituye una unión
colector base con la zona de base del transistor y
20 que tiene una zona de emisor que, vista sobre dicho
lado del cuerpo semiconductor, está situada al me-
nos bajo la zona de colector y que constituye la
unión emisor base con la zona de base, en el cual
se encuentran medios ópticos para polarizar la
25 unión base emisor al menos transitoriamente en sen

405217



tido directo por irradiación óptica y una fuente de alimentación para polarizar la zona de colector en el estado de absorción de portadores, está caracterizado porque, visto sobre dicho lado del cuerpo semiconductor, la unión colector base tiene una extensión lateral considerablemente menor que la unión emisor base, siendo mayor la corriente fotoeléctrica generada por los medios ópticos a través de la unión base emisor en el caso de un cortocircuito externo a través de dicha unión que la que se produce a través de la unión colector base en el caso de un cortocircuito externo a través de dicha unión.

El tercer aspecto del invento está basado así, entre otras cosas, en el reconocimiento del hecho de que una corriente fotoeléctrica que es pequeña con relación a la corriente fotoeléctrica a través de la unión base emisor, puede conseguirse a través de la unión colector base mediante una diferencia en la extensión de dichas uniones y de que, a pesar de ello, es posible un factor de amplificación suficientemente grande.

Se ha encontrado que, a pesar del hecho de que la unión colector base tiene dimensiones más pequeñas que la unión emisor base, es fácilmente po-

405217

27



sible un factor de amplificación muy util, por ejemplo un factor β de amplificación de corriente colector base superior a 10, debido a la alta calidad actual de los materiales semiconductores.

5 Los medios ópticos son, preferiblemente, medios que suministran a través de dicha cara del cuerpo semiconductor, radiación a las inmediaciones de la unión base emisor, en el cual la corriente fotoeléctrica a través de la unión colector base puede ser reducida adicionalmente por una capa metálica (electrodo metálico) que está conectada a la zona de colector y que, vista sobre una de las caras del cuerpo semiconductor, se encuentra por encima de al menos la mayor parte de la zona de colector.

10 Alternativamente, puede ser utilizada ventajosamente una zona de colector que está constituida por una capa de contenido metálico que está dispuesta sobre la zona de base y constituye una unión Schottky con la misma. La capa de contenido metálico puede apantallar la unión colector base de la radiación que proviene de los medios ópticos y contribuye de esta manera a una corriente fotoeléctrica muy pequeña a través de la unión colector base.

15 Una realización adicional de un dispositivo semiconductor de acuerdo con el tercer aspecto

27 JUL 1972

405217



del invento, está caracterizada porque el transistor comprende varias zonas de colector yustapuestas que están situadas en una de las caras del cuerpo semiconductor. Varios colectores presentan la posibilidad de obtener de un modo ventajoso salidas eléctricamente separadas que pueden estar conectadas a entradas separadas de subsiguientes transistores. Además, controlando el consumo de corriente en uno de los colectores, puede ser controlado el factor β de amplificación correspondiente a otro colector.

La extensión de la unión emisor base es preferiblemente al menos dos veces más grande que la de la unión colector base.

Con el fin de que el invento pueda ser fácilmente llevado a efecto, se describirán ahora con el mayor detalle realizaciones del mismo, a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos diagramáticos que se acompañan en los cuales:

La Figura 1 representa las características corriente tensión de una unión p-n en el estado de ausencia de exposición y en el estado de exposición,

La Figura 2 representa un ejemplo de una disposición de circuito de acuerdo con el inven-

405217

27 JUL 1972



to,

La Figura 3 representa varias caracterís-
ticas corriente tensión de los transistores de la
disposición de circuito representada en la Figura

5 2,

La Figura 4 es una vista en corte de un
dispositivo semiconductor de acuerdo con el inven-
to,

La Figura 5 es una vista en corte de
otra realización de un dispositivo semiconductor
de acuerdo con el invento,

10

La Figura 6 es una vista en corte de aún
otra realización de un dispositivo semiconductor
de acuerdo con el invento, de la cual

15

cada una de las Figuras 7, 8, 9 y 10 son
vistas en corte de una parte de una variante,

La Figura 11 es una vista en corte de una
realización de un dispositivo semiconductor de
acuerdo con el invento, de la cual

20

La Figura 12 representa el diagrama de
circuito,

La Figura 13 representa una realización
adicional de una disposición de circuito de acuer-
do con el invento,

25

La Figura 14 es una vista en corte de

405217

27



una parte de una variante adicional del dispositivo semiconductor representado en la Figura 6, y

La Figura 15 representa la última realización en forma integrada de una disposición de circuito de acuerdo con el invento.

La curva a en la Figura 1 representa la característica corriente tensión de una unión p-n en un cuerpo semiconductor en el estado de ausencia de exposición y la curva b en el estado de exposición.

Exponiendo los alrededores de la unión p-n a radiación de una longitud de onda adecuada, se generan pares electrón hueco por absorción de radiación. Como resultado de la tensión de difusión a través de la unión p-n, los portadores de carga minoritarios generados a través de dicha unión, es decir los huecos generados en la región de tipo n se dirigen hacia la región de tipo p y los electrones generados en la región de tipo p se dirigen hacia la región de tipo n. En el caso de que la unión p-n esté cortocircuitada, todos los portadores de carga minoritarios que han cruzado la unión p-n y que se han vuelto portadores de carga mayoritarios son eliminados y no influyen en la tensión de difusión. Estos portadores pueden ser medidos exterior

405217

27



mente como una corriente fotoeléctrica: la corriente I_s de cortocircuito. Si no se establece conexión a la unión p-n, los huecos generados se reúnen en la región p y los electrones generados en la región n, como resultado de lo cual la unión p-n está polarizada en sentido directo. La tensión V_0 fotoeléctrica que aparece en sentido directo a través de la unión p-n es igual a la tensión directa a través de la unión p-n que sería necesaria sin la exposición a radiación para generar una corriente I_s a través de la unión.

Este fenómeno es utilizado efectivamente de un modo particular en las disposiciones de circuito que se van a describir aquí posteriormente.

La Figura 2 representa una disposición de circuito de acuerdo con el primer aspecto del invento, en particular una puerta "NI" que se compone de dos o más transistores T_1, T_2, \dots de puerta y seguidos por un transistor T_3 subsiguiente. Las entradas A, B... del circuito puerta están constituidas por los electrodos de base de los transistores $T_1, T_2 \dots$ de puerta, mientras que sus circuitos emisor-colector tienen en derivación el circuito emisor-base del transistor T_3 subsiguiente. Suponiendo que las fuentes I_1, I_2, I_3 de corriente re

405217

27 JU



presentadas con la polaridad indicada, se encuentran entre las bases y los emisores, el transistor T_3 conducirá corriente solamente (como resultado de la fuente I_3 de corriente que actúa en sentido directo) si no están conduciendo ninguno de los transistores T_1 y T_2 , es decir si está establecido el potencial de masa tanto en la entrada A como en la entrada B, prevalece al menos un potencial inferior a la tensión de umbral interna de entrada a la base de los transistores T_1 y T_2 , respectivamente, de modo que las corrientes de las fuentes I_1 e I_2 , respectivamente, pasan a masa.

Las mencionadas fuentes de corriente se obtienen mediante exposición de las uniones emisor base de los transistores T_1 , T_2 ... y T_3 a radiación.

Como ya se ha descrito con referencia a la Figura 2, en ausencia de señales en los puntos A y B (que están conectados a las bases de los correspondientes transistores T_1 y T_2 respectivamente), dichos transistores estarán conduciendo como resultado de la corriente fotoeléctrica emisor base generada y esto de un modo tan intenso que desvían la corriente fotoeléctrica base emisor del transistor T_3 (así como las corrientes fotoeléctri

405217



cas colector base parásitas posiblemente generadas),
de modo que permanece demasiado poca corriente en
la base del transistor T_3 para provocar la conduc-
ción de corriente de dicho transistor. En la Fi-
5 gura 3 se representa la corriente fotoeléctrica emi-
sor base del transistor T_3 en función de su tensión
emisor base mediante la curva c; en dicha figura es
tá representada la corriente emisor colector de los
transistores T_1 y T_2 , respectivamente, en función
10 de su tensión emisor colector, mediante la curva d.
En las circunstancias descritas, la disposición de
circuito funciona en el estado L de equilibrio cuyo
valor de tensión asociado permanece por debajo de
la tensión de umbral interna de entrada base emisor
15 del transistor T_3 . Cuando las tensiones presentes
tanto en el punto A como en el punto B caen por de-
bajo de dicha tensión de umbral de los transistores
 T_1 y T_2 , respectivamente, ambos transistores T_1 y
 T_2 estarán al corte, y persiste una corriente emisor
20 colector en función de la tensión emisor colector
de dichos transistores de acuerdo con la curva e de
la Figura 3, en la cual se alcanza el estado H de
equilibrio. El transistor T_3 conducirá entonces co-
rriente en abundancia de modo que la tensión en su
25 colector (punto D) disminuye sustancialmente al po-

405217



tencial de masa.

De acuerdo con el segundo aspecto del in
vento, es utilizada la curva característica b (véa-
se la Figura 1) de un modo particular tanto para
5 proporcionar el circuito de corriente principal
de un conmutador electrónico que se hace funcionar
en cualquiera de los estados de conducción o de cor-
te (fuera de conducción), por ejemplo un transistor,
y para constituir la impedancia de carga para dicho
10 conmutador electrónico. Como ya se ha descrito, la
unión rectificadora bajo exposición, puede formar
parte de un transistor subsiguiente que es conmuta-
do al estado de conducción o de corte de acuerdo con
el estado del transistor primeramente mencionado;
15 sin embargo, la unión rectificadora puede también
formar parte del propio transistor primeramente men-
cionado que al mismo tiempo es puesto en su estado
de conducción o en su estado de corte por el estado
de tensión a través de la unión rectificadora.

20 En la Figura 15 se representa un ejemplo
de acuerdo con dicho segundo aspecto del invento.
Un cuerpo semiconductor 96 de tipo p, cuya superfi-
cie 95 está cubierta con una capa 94 aislante, com-
prende islas 97, 98 y 99 de tipo n contiguas a la
25 superficie 95. En la isla 97 está dispuesto un tran-

405217



sistor VT_1 de efecto de campo que tiene una zona
100 de electrodo de entrada de tipo p y una zona
101 de electrodo de salida de tipo p. El electrodo
102 de control del transistor VT_1 de efecto de cam-
5 po está dispuesto sobre la capa aislante 94 entre
las zonas 100 y 101 de electrodo de entrada y de
salida. La zona 100 de electrodo de entrada está
conectada, por medio del conductor 103, a la isla
97 de tipo n y a la parte de tipo p del cuerpo se-
10 miconductor 96 que rodea dicha isla. La zona 101
de electrodo de salida está conectada a un contacto
105 de la isla 98 por intermedio de un contacto
104.

La isla 98 constituye la unión 106 p-n
15 con la parte de tipo p que la rodea del cuerpo se-
miconductor 96. Mediante exposición de los alrededo-
res de dicha unión p-n 106 a la radiación 107, es
alimentada la zona 101 de salida. El diodo que está
constituido por la isla 98 y la parte de tipo p que
20 la rodea del cuerpo 96, sirve como impedancia de
carga del transistor VT_1 de efecto de campo.

La tensión en el contacto 105 es suminis-
trada al electrodo 108 de control de un transistor
 VT_2 adicional de efecto de campo que está dispuesto
25 en la isla 99 y comprende una zona 109 de electrodo

405217

27



de entrada de tipo p que está conectada, por inter-
medio de un conductor lll, a la isla 99 y a la par-
te del cuerpo 96 que la rodea, y comprende una zona
110 de electrodo de salida de tipo p. En este caso,
5 se obtiene un efecto de conmutación análogo al des-
crito con referencia a la Figura 2 en relación con
transistores bipolares.

El segundo aspecto del invento está tam-
bién realizado en la disposición de circuito repre-
sentada en la Figura 2. Puesto que los circuitos de
10 corriente principal (es decir, los circuitos colec-
tor emisor) de los transistores T_1 y T_2 están conec-
tados en paralelo con la unión semiconductor que
está constituida por el circuito base emisor del
15 transistor T_3 , dicha unión semiconductor asegura
por una parte la corriente de alimentación para los
transistores T_1 y T_2 (designada por la fuente I_3
de corriente fotoeléctrica) y por otra parte la va-
riación de tensión a través de dicha unión semicon-
20 ductora, o sea entre la base y el emisor del tran-
sistor T_3 , es utilizada para controlar el transis-
tor T_3 que sirve como conmutador electrónico adi-
cional.

En la práctica, el circuito puerta repre-
25 sentado en las Figuras 2 y 3, respectivamente, cons

405217 27



tituye solamente una pequeña parte componente de un
circuito integrado completo, en el cual por lo ge-
neral un número mayor que los dos transistores T_1 y
 T_2 de puerta están dispuestos con sus circuitos co-
lector emisor entre el punto C y masa (sistema con-
5 vergente de entrada), mientras que también un núme-
ro de transistores mayor que solamente el transis-
tor T_3 , están conectados con su circuito base emi-
sor entre dichos puntos (sistema divergente de sa-
10 lida). Los puntos A y B, respectivamente, están co-
nectados, por ejemplo, a la salida C de circuitos
puerta similares precedentes, como también la sali-
da C de la disposición de circuito mostrada conduce
nuevamente a las entradas (de acuerdo con T_3) de
15 circuitos puerta similares subsiguientes. Es de im-
portancia que el factor β de amplificación de co-
rriente colector base de los transistores utiliza-
dos, quede suficientemente por encima del número
de transistores de salida utilizados, de modo que
20 la parte plana de la curva d en la Figura 3 perma-
nezca por encima del punto L de funcionamiento.

Se describirán ahora unas pocas realiza-
ciones de dispositivos semiconductores de acuerdo
con el invento.

25 El dispositivo semiconductor representa-



do en la Figura 4, que es adecuado para utilización en una disposición de circuito tal como la representada en la Figura 2, comprende un cuerpo semiconductor 1 que tiene un transistor T_1 . Dicho transistor

5 T_1 tiene una zona 12 de emisor, una zona 13 de base y una zona 14 de colector cada una de las cuales está provista de contactos 15, 16 y 17, de conexión, respectivamente. Están presentes medios ópticos 8, por ejemplo una fuente de luz, que polarizan la unión

10 19 emisor base del transistor T_1 al menos transitoriamente en sentido directo por exposición a radiación 10 que es, por ejemplo, luz visible. Además, está presente una fuente de alimentación, constituida en la presente realización por la unión 39 base

15 emisor del transistor T_3 bajo exposición, que polariza la zona 14 de colector del transistor T_1 en el estado de absorción de portadores. Por medio de una fuente 5 de señal son suministradas señales eléctricas de entrada al transistor T_1 entre los contactos

20 16 y 15 de conexión de la zona 13 de base y la zona 12 de emisor. Pueden tomarse señales eléctricas de salida del contacto 17 de conexión de la zona 14 de colector y, en la presente realización, dichas señales son suministradas al transistor T_3 .

25

De acuerdo con el tercer aspecto del inven

405217

27 JUL



to, la zona 14 de colector está en posición contigua a la superficie principal 6 del cuerpo semiconductor 1 en el cual, vista sobre dicha superficie principal 6, la zona 14 completa de colector está situada sobre una parte de la zona 13 de base, la zona de base está en posición contigua a la superficie principal 6 contorneando a la zona 14 de colector, la zona de base y la zona 14 de colector juntas son adyacentes a la superficie principal 6 solo localmente, y la zona 12 de emisor se extiende bajo la zona 13 de base completa. Los medios ópticos 8 son medios que suministran radiación óptica a los alrededores de la unión 19 base emisor del transistor T_1 por intermedio de la superficie principal 6, de modo que la corriente fotoeléctrica generada por los medios ópticos 8 a través de la unión 19 base emisor en el caso de un cortocircuito externo a través de dicha unión 19 es mayor que la que se establece a través de la unión 18 colector base en el caso de un cortocircuito externo a través de dicha unión 18.

El cuerpo semiconductor 1 comprende un substrato 2 semiconductor de tipo n y una capa 3 epitaxial de tipo p que está dispuesta sobre dicho substrato 2 y en la cual se encuentra la zona 13 de

405217

27



base de tipo p del transistor T_1 . El substrato 2 contiguo a la capa 3 epitaxial pertenece a la zona de emisor de tipo n del transistor T_1 . La zona 14 de colector tiene conductividad de tipo n.

5 Además del transistor T_1 , el cuerpo semiconductor 1 comprende otro transistor T_3 que tiene una zona 34 de colector de tipo n contigua a la superficie principal 6 del cuerpo semiconductor 1. Vista sobre la superficie principal 6, dicha zona 10 34 de colector está situada sobre una parte de la zona 33 de base de tipo p del transistor T_3 , siendo la zona 33 de base adyacente a la superficie principal 6 en una región que contornea a la zona 34 de colector. La zona 12 de emisor, que es común a los 15 transistores T_1 y T_3 , se extiende por debajo de las zonas 13 y 33 completas de base de los transistores T_1 y T_3 .

20 Los medios ópticos 8 suministran también radiación 10 a los alrededores de la unión 39 emisor base del transistor T_3 a fin de polarizar dicha unión al menos transitoriamente en sentido directo por radiación óptica.

25 La zona 14 de colector de uno de los transistores T_1 está conectada eléctricamente a la zona 33 de base del otro transistor T_3 . Se suministran

405217

27



señales eléctricas de entrada a la zona 13 de base del transistor T_1 por medio de la fuente 5 de señal y se toman señales eléctricas de salida de la zona 34 de colector del transistor T_3 , lo cual se indica diagramáticamente en la Figura 4 por el bloque 7.

El cuerpo semiconductor 1, que se compone, por ejemplo, de silicio, está cubierto con una capa 9 aislante dispuesta sobre la superficie principal 6 y que se compone, por ejemplo, de óxido de silicio en la cual están dispuestas aberturas en las cuales están dispuestos los contactos 16, 17, 36 y 37 para las zonas de colector y base de los transistores T_1 y T_3 . Para mayor claridad, se representan en la Figura 4 las conexiones eléctricas en forma diagramática. En la práctica, estas conexiones consisten enteramente o parcialmente, del modo usual, en pistas conductoras dispuestas sobre la capa 9 aislante y que son por ejemplo, de aluminio.

El dispositivo semiconductor representado en la Figura 4 comprende otro transistor T_2 que es del mismo tipo que el transistor T_1 y que se hace funcionar de un modo similar al transistor T_1 . El transistor T_2 tiene una zona 12 de emisor de tipo n que es común a la zona de emisor de los tran

405217



sistores T_1 y T_3 , una zona 23 de base de tipo p y una zona 24 de colector de tipo n. Las zonas de base y colector están provistas de contactos 26 y 27. La zona 24 de colector está conectada eléctricamente a la zona 33 de base del transistor T_3 y son suministradas señales de entrada a la zona 23 de base, no estando representada en la Figura 4. la fuente de señal destinada a este fin para evitar la complejidad de dicha Figura.

10 El dispositivo semiconductor representado en la Figura 4 es, de este modo, adecuado para utilización en la disposición de circuito representada en la Figura 2. Los transistores T_1 , T_2 y T_3 y los puntos A, B, C y D están representados tanto
15 en la Figura 4 como en la Figura 2.

La zona 12 de emisor común rodea por completo a las zonas 13, 23 y 33 de base en el cuerpo semiconductor 1 y queda en posición contigua a la superficie principal 6, en cuya zona común, entre las zonas 13, 23 y 33 de base de los transistores T_1 , T_2 y T_3 , están situadas zonas 4 de superficie que tienen una concentración de impureza más alta que las zonas 13, 23 y 33 de base y que pertenecen a la zona 12 de emisor común. Debido a las
20 zonas 4 de superficie más altamente impurificadas,
25

27 Jun 1972


405217

los transistores parásitos, por ejemplo, el transistor parásito constituido por las zonas 23, 4 y 33, no tienen efecto perturbador o solamente lo tienen pequeño.

5 El dispositivo semiconductor representa
do en la Figura 4, constituye una estructura parti-
cularmente simple y compacta para la disposición
de circuito representada en la Figura 2 en forma in-
tegrada, que es activada por medio de radiación.
10 Es posible esta estructura simple y compacta con
una zona de emisor común para los transistores al
utilizar transistores invertidos, o sea transisto-
res en los cuales al menos la mayor parte de la
unión emisor base queda en posición más profunda
15 en el cuerpo semiconductor que al menos la mayor
parte de la unión colector base. Como ya se ha ex-
plicado antes, esto también tiene un efecto favora-
ble sobre la corriente fotoeléctrica y/o la tensión
fotoeléctrica a ser generada a través de la unión
20 emisor base por medio de radiación, compuesta por
ejemplo, de luz visible. Para muchas disposiciones
de circuito, por ejemplo para la disposición de cir-
cuito representada en la Figura 2, dichas ventajas
compensan cumplidamente al factor de amplificación
25 ligeramente más pequeño de los transistores inverti-

405217

27



dos.

El dispositivo semiconductor representado en la Figura 4 puede ser fabricado por medio de métodos usados convencionalmente en la tecnología de semiconductores. El material de partida es un sustrato 2 de silicio de tipo n sobre el cual se dispone una capa 3 epitaxial de silicio de tipo p. Por difusión de una impureza se obtienen las zonas 4 de tipo n en dicha capa 3, cuyas zonas 4 tienen una concentración de impurezas más alta que las partes restantes de tipo p de la capa 3 epitaxial, después de lo cual, igualmente por difusión de una impureza, se proporcionan las zonas 14, 24 y 34 de colector de tipo n. La capa 9 aislante de óxido de silicio y los contactos 16, 17, 26, 27, 36, 37, de las zonas 13, 14, 23, 23, 33 y 34 de base y de colector y el contacto 15 de la zona 12 de emisor se disponen también de un modo utilizado convencionalmente en la tecnología de semiconductores.

Por difusión de una impureza pueden obtenerse las zonas 13, 23 y 33 de base con una capa (p^+) de superficie con una concentración de impurezas más alta, de modo que las partes de las zonas 13, 23 y 33 de base contiguas a la superficie principal 6 presentarán una concentración de impurezas

405217

27



5 creciente en dirección hacia una superficie principal. Como resultado de esto, la recombinación de superficie es reducida en las zonas de base, lo que influye favorablemente sobre el factor de amplificación de los transistores T_1 , T_2 y T_3 . Además, debido al campo de deriva resultante en la zona de base, los portadores de carga minoritarios libres generados en las zonas de base por radiación son impulsados a las uniones emisor base.

10 En vez de las zonas 4 de tipo n obtenidas por difusión, pueden disponerse capas aislantes que están incrustadas en el cuerpo semiconductor 1 y que se extienden desde la superficie principal 6 en el cuerpo 1 y sobre una parte del espesor de dicho
15 cuerpo, entre las zonas 13, 23 y 33 de base de los transistores T_1 , T_2 y T_3 . Estas capas aislantes pueden ser obtenidas, por ejemplo, por oxidación local del cuerpo 1, siendo utilizada una capa de nitruro de silicio como máscara de oxidación. Las zonas 4
20 se componen entonces de óxido de silicio y se extienden en todo el espesor de la capa epitaxial 3.

25 La Figura 5 representa un dispositivo semiconductor de acuerdo con el cuarto aspecto del invento, que comprende un cuerpo semiconductor 40 tiene un transistor con una zona 44 de emisor de ti-

405217

27



po n, una zona 45 de base de tipo p y una zona 46
de colector de tipo n. Están presentes medios óp-
ticos 8, por ejemplo, en la forma de una lámpara
de incandescencia, para polarizar la unión 55 emi-
5 sor base al menos transitoriamente en sentido direc-
to por radiación óptica. Además, está presente una
fuente de alimentación para polarizar la zona 46 de
colector en el estado de absorción de portadores.
Esta fuente de alimentación no está representada en
10 la Figura 5 para evitar la complicación de dicha
Figura pero puede ser similar a la representada en
la Figura 4 para la zona 14 de colector del tran-
sistor T_1 .

De acuerdo con el cuarto aspecto del in-
15 vento, la zona 44 de emisor de tipo n comprende dos
subzonas 47 y 48 adyacentes de tipo n, de las cua-
les una subzona 48 tiene una resistividad más alta
que la otra subzona 47. La primera subzona 48 está
situada entre la zona 45 de base y la otra subzona
20 47 y constituye la unión 46 emisor base con la zona
de base de tipo p.

El dispositivo semiconductor representa-
do en la Figura 5 puede ser utilizado en la dispo-
sición de circuito representada en la Figura 2.

25 Puesto que la zona 44 de emisor comprende

405217

27 J



una subzona 47 de baja resistividad y una subzona
48 de alta resistividad, la vida de los portadores
de carga minoritarios en dicha parte de los alrede-
dores de la unión 55 emisor base constituida por la
5 subzona 48 es prolongada y por lo tanto la genera-
ción de una corriente fotoeléctrica a través de di-
cha unión es influida favorablemente. La eficiencia
de emisor y por lo tanto el factor de amplificación
del transistor, es buena siempre que la subzona 48
10 de alta resistividad no sea extremadamente gruesa.
Para una buena eficiencia de emisor, el espesor de
dicha subzona debe ser más pequeño que la longitud
de difusión de los portadores de carga minoritarios
en dicha subzona. Con los materiales semiconducto-
15 res de alta calidad utilizados actualmente, por
ejemplo el silicio, la longitud de difusión es de
muchas decenas de μm y el espesor de la subzona
48 bajo la subzona 47 está comprendido preferible-
mente entre $0,1 \mu\text{m}$ y $50 \mu\text{m}$.

20 El dispositivo semiconductor representa-
do en la Figura 5 puede ser fabricado por medio de
métodos convencionales de semiconductores. El ma-
terial de partida es un substrato 41 de silicio de
tipo n sobre el cual se dispone una capa 42 epita-
25 xial de silicio de tipo p. Se dispone una capa 43

405217

27 JUN 1964



epitaxial de silicio de tipo n sobre la capa 42. Por difusión de impurezas, se obtienen entonces las zonas 49 de tipo p^+ de difusión que se extienden en todo el espesor de las capas epitaxiales 42 y 43, las zonas 50 de tipo p^+ que se extienden en todo el espesor de la capa 43 epitaxial, y la subzona 47 de tipo n^+ de la zona 44 de emisor que se extiende en parte del espesor de la capa 43 epitaxial. El cuerpo semiconductor es cubierto con una capa 51 aislante y de pasivación de óxido de silicio. Se practican aberturas en dicha capa 51 a fin de proveer de contactos 52 y 53 respectivamente a la zona 44 de emisor y a la zona 45 de base, a la cual pertenecen las zonas 50. La zona 46 de colector, a la que pertenecen las zonas 49, es provista de un contacto 54.

El cuarto aspecto del invento puede ser combinado ventajosamente con el tercer aspecto del invento. Cuando una zona de emisor que tiene dos subzonas es utilizada en el dispositivo semiconductor representado en la Figura 4, se obtiene el dispositivo semiconductor representado en la Figura 6. En las Figuras 4 y 6, los componentes correspondientes son designados por las mismas cifras de referencia.

405217

27 JU



La zona 14 de colector de tipo n^+ del transistor T_1 representado en la Figura 6, está en posición contigua a la superficie principal 6 del cuerpo semiconductor 1. Vista sobre dicha superficie principal, la zona 14 de colector completa está situada sobre una parte de la zona 13 de base de tipo p estando la zona 13 de base en posición adyacente a la superficie 6 principal contorneando a la zona 14 de colector. La zona 13 de base está situada por completo sobre una primera subzona 12a de tipo n de la zona 12 de emisor y dicha primera subzona 12a está situada por completo sobre la otra subzona 12d de tipo n^+ de la zona 12 de emisor. La subzona 12a de tipo n tiene una resistividad más alta que la subzona 12d de tipo n^+ . La primera subzona 12a está limitada, en direcciones paralelas a la superficie principal 6, por una región 4 del tipo n^+ que rodea a la zona 13 de base y que se extiende desde la superficie principal 6 del cuerpo semiconductor 1 y que está en posición adyacente a la parte de la otra subzona 12d de tipo n^+ situada bajo la primera subzona 12a. La región 4 de tipo n^+ constituye con la primera subzona 12a de tipo n , una unión 60 del tipo n^+n que dificulta la penetración de los portadores de carga minoritarios

405217

27 JUN



(huecos) procedentes de la primera subzona 12a dentro de la región 4.

5 La unión 61a del tipo n^+n entre la primera subzona 12a y la otra subzona 12d, constituye también un obstáculo para los huecos que quieren penetrar la subzona 12d procedentes de la primera subzona 12a. Esto significa que durante el funcionamiento del transistor T_1 , los huecos que son inyectados desde la zona 13 de base de tipo p en la primera subzona 12a de tipo n de la zona 12 de emisor, tienen una larga permanencia en la primera subzona 12a, lo cual mejora la eficiencia de emisor y el factor de amplificación del transistor T_1 .

15 Los transistores T_2 y T_3 tienen una estructura similar a la del transistor T_1 y tienen subzonas 12b y 12c de emisor de tipo n, respectivamente, que constituyen las uniones 61b y 61c, respectivamente, con la subzona 12d de emisor de tipo n^+ . Los transistores T_1 , T_2 y T_3 tienen una zona 12 de emisor común.

20 Al igual que el dispositivo semiconductor representado en la Figura 4, el dispositivo semiconductor representado en la Figura 6 comprende la disposición de circuito representado en la Figura 2 en forma integrada.

5.7.72

405217



El cuerpo semiconductor 1 comprende un substrato 2 de tipo n^+ sobre el cual está dispuesta una capa 3 epitaxial contigua a la superficie principal 6 del cuerpo semiconductor. En la capa epitaxial 3 están situadas las zonas 13, 23 y 33 de base que son adyacentes a la superficie principal 6 en regiones que contornean a las zonas 14, 24 y 34 de colector y que se extienden solamente en parte del espesor de la capa 3 epitaxial estando situadas bajo las zonas 14, 24 y 34 completas de colector, respectivamente. Las partes de la capa 3 epitaxial situadas bajo las zonas 13, 23 y 33 de base, pertenecen a las primeras subzonas 12a, 12b y 12c de la zona 12 de emisor común. El substrato 2 contiguo a la capa 3 epitaxial pertenece a la otra subzona 12d de la zona 12 de emisor común. Los medios ópticos 8 para la activación del dispositivo, por ejemplo una lámpara de incandescencia, suministran radiación, por intermedio de la superficie principal 6, a los alrededores de las uniones 19, 29 y 39 emisor base.

En la presente realización, las zonas 13, 23 y 33 de base están limitadas en direcciones paralelas a la superficie principal 6, por las regiones 4 de tipo n^+ , en las cuales, solamente con la

405217

27



excepción de las partes 19a, 29a y 39a de borde de las uniones 19, 29 y 39 emisor base, dichas uniones están constituidas por las primeras subzonas 12a, 12b y 12c y las zonas 13, 23 y 33 de base. Como re
5 sultado de esto, las subzonas 12a, 12b y 12c son tan pequeñas como es posible, lo que es favorable para la eficiencia de emisor.

En la presente realización, las regiones 4 de tipo n^+ se extienden en todo el espesor de la
10 capa 3 epitaxial, son del mismo tipo de conductividad que la zona 12 de emisor común, pertenecen a la otra subzona 12d de tipo n^+ de dicha zona 12 de emisor y tienen una concentración de impurezas más al
15 sultado de lo cual pueden suprimirse las acciones de transistor parásito entre dichas zonas de base.

Las regiones 4 de tipo n^+ pueden ser sus
tituidas por regiones de un material aislante, por ejemplo óxido de silicio, que se extiende en todo
20 el espesor de la capa 3 epitaxial. Cuando el cuerpo semiconductor 1 es de silicio, dichas regiones ais
lantes de óxido de silicio pueden ser obtenidas, por ejemplo, por oxidación local del cuerpo de si
licio al tiempo que se utiliza una máscara de oxida
25 ción de nitruro de silicio.

405217

27



El dispositivo semiconductor representado en la Figura 6 puede ser fabricado del modo siguiente.

El material de partida es un substrato 2
5 de silicio de tipo n^+ que tiene una resistividad de aproximadamente 0,01 ohm.cm y un espesor de aproximadamente 250 μ m. En primer lugar puede disponerse una capa 3b epitaxial de tipo n sobre la cual se dispone entonces una capa 3a epitaxial de tipo p.
10 En la presente realización, sin embargo, se dispone primero una capa 3 epitaxial de silicio de tipo n que tiene una resistividad de aproximadamente 0,2 ohm.cm y un espesor de 6 μ m. Por difusión de boro se forma entonces la capa 3a de superficie de tipo
15 p en un espesor de 3 μ m y con una concentración de superficie de aproximadamente 10^{18} átomos de boro por cm^3 . Por difusión de fósforo se forman entonces las regiones 4 de tipo n^+ que se extienden en todo el espesor de la capa 3 epitaxial. También mediante
20 una difusión de fósforo, se disponen las zonas 14, 24 y 34 de colector en un espesor de 2,5 μ m. La concentración de superficie de las zonas 4, 14, 24 y 34 es aproximadamente 10^{20} átomos de fósforo por cm^3 . El espesor de las subzonas 12a, 12b y 12c de
25 tipo n es así de aproximadamente 3 μ m. Por un pro

405217



cedimiento usual, se dispone una capa 9 aislante de óxido de silicio sobre la superficie principal disponiéndose, en aberturas de la misma, los contactos 16, 17, 26, 27, 36 y 37 de aluminio que están conectados a pistas conductoras de aluminio situadas sobre la capa 9 aislante para formar conexiones, eléctricas. Estas conexiones conductoras se representan en la Figura 6 solamente en forma diagramática. La zona 12 de emisor se provee de un contacto 15 por un procedimiento usual.

Vistas sobre la superficie principal 6, las zonas de colector tienen un área de aproximadamente $20 \mu\text{m} \times 20 \mu\text{m}$ y las zonas 13, 23 y 33 de base tienen un área de aproximadamente $50 \mu\text{m} \times 70 \mu\text{m}$, mientras que el ancho de las zonas 4 de tipo n^+ es aproximadamente $10 \mu\text{m}$.

Es también posible disponer las zonas 13, 23 y 33 de base por difusión local en la capa 3 epitaxial, estando situadas partes de tipo n de la capa 3 epitaxial entre las zonas de base y adyacentes a la superficie principal 6, en cuyas partes pueden disponerse las regiones 4 de tipo n^+ . La Figura 7 representa esta realización para el transistor T_1 y sus alrededores. En este caso, las regiones 4 de tipo n^+ están situadas a alguna distan

405217²⁷ JUL



5 cia de las zonas 13, 23 y 33 de base, si bien la configuración resultante es ligeramente menos compacta. En este caso, también las regiones de tipo n^+ pueden ser sustituidas por regiones de material aislante.

10 Las fuentes I_1 , I_2 e I_3 de corriente en la Figura 2, están constituidas por las uniones 19, 29 y 39 emisor-base expuestas en la Figura 6. La radiación 10 incidente, sin embargo, incide tanto sobre los alrededores de las uniones 18, 28 y 38 colector base como sobre los alrededores de las uniones 19, 29 y 39 emisor base, como resultado de lo cual se producen fuentes de corriente que actúan entre las zonas 13, 23 y 33 de base y las zonas 14, 24 y 34 de colector además de las fuentes I_1 , I_2 e I_3 de corriente. Las fuentes de corriente primeramente mencionadas constituyen un efecto ligeramente perturbador sobre el funcionamiento sin dificultad de la disposición de circuito representada en la Figura 2, cuyo significado, sin embargo, es despreciable debido a la configuración elegida, como se pondrá de manifiesto aquí posteriormente.

25 Un dispositivo semiconductor representado en la Figura 6 que comprende un cuerpo semiconductor 1 que tiene un transistor T_1 con una zona de co-

405217

lector que se encuentra sobre una de las caras (en
la superficie principal 6) del cuerpo semiconductor
1 y que constituye la unión 18 colector base del
transistor, y con una zona 12 de emisor la cual, vis-
5 ta sobre dicha cara (sobre la superficie principal
6) está situada al menos bajo la zona 14 de colec-
tor y que constituye la unión 19 emisor base con la
zona 13 de base, en el cual están presentes medios
ópticos 8 para polarizar la unión 19 base emisor al
10 menos transitoriamente en sentido directo por radia-
ción óptica, y con una fuente de alimentación (cons-
tituida por la unión 99 bajo exposición) destinada
a polarizar la zona 14 de colector en el estado de
absorción de portadores, tiene de acuerdo con el
15 quinto aspecto del invento, una unión 18 colector
base la cual, cuando se ve sobre dicha cara (super-
ficie principal 6), tiene una extensión lateral con-
siderablemente menor que la unión 19 emisor base,
como resultado de lo cual la corriente fotoeléctri-
20 ca a través de la unión 19 emisor base generada por
los medios ópticos 8 en el caso de un cortocircuito
externo a través de dicha unión es mayor que la co-
rriente a través de la unión 18 colector base en el
caso de un cortocircuito externo a través de dicha
25 unión.

405217

27 JUL



Puesto que los medios ópticos 8 suministran radiación 10, por intermedio de dicha cara (la superficie principal 6) del cuerpo semiconductor 1, a los alrededores de la unión 19 emisor base, una parte considerable de la unión 18 colector base está apantallada de la radiación 10 por el contacto 17 que se compone de una capa de aluminio. Como se representa en la Figura 7, la capa 17 de aluminio conectada a la zona 14 de colector vista sobre la superficie principal 6, puede aún extenderse por encima de la zona 14 completa de colector y así apantallar la unión 18 colector base sustancialmente en su integridad.

También se verifica para los transistores T_2 y T_3 que la extensión lateral de las uniones 18 y 38 colector base es considerablemente menor que la de las uniones 29 y 39 emisor base y que los contactos 27 y 37, que se componen de una capa metálica de aluminio, apantallan de la radiación 10 al menos una parte considerable de las uniones 28 y 38 colector base.

Puede aún obtenerse una mejora adicional utilizando, en vez de zonas de colector que comprenden una zona de tipo n^+ , zonas de colector que están constituidas por una capa de contenido metálico

405217



co que está dispuesta sobre las zonas de base y forman una unión Schottky con las mismas. Esto se representa en la Figura 8 para el transistor T_1 . La capa 63 de contenido metálico constituye la
5 unión 74 Schottky, es decir la unión 64 colector base, con la zona 13 de base. Una unión Schottky es poco sensible a la luz y tiene la ventaja adicional de que se aumenta la velocidad de respuesta del circuito.

10 Las zonas 14, 24 y 34 de colector en la Figura 6 tienen una concentración de impurezas más alta, como resultado de lo cual los portadores de carga libre generados en dichas zonas por la radiación se recombinarán en una parte considerable
15 antes de que puedan contribuir a la corriente fotoeléctrica a través de las uniones 18, 28 y 38 colector base.

Las zonas 13, 23 y 33 de base son zonas de difusión que tienen una concentración de impurezas que disminuye según direcciones hacia las
20 uniones 19, 29 y 39 emisor base, como resultado de lo cual dichas zonas presentan un campo de deriva y los electrones generados en las zonas de base se moverán principalmente no hacia las uniones
25 colector base sino hacia las uniones emisor ba-

405217 27 JU



se.

Mediante una elección adecuada de los espesores y concentraciones de impurezas de las diversas zonas, puede ejercerse una influencia adicional sobre las corrientes fotoeléctricas generadas. Por ejemplo, el espesor de las zonas 14, 24 y 34 de colector es más pequeño que la profundidad de penetración de al menos una parte considerable de la radiación γ en el cuerpo semiconductor 1. Además, las uniones 19, 29 y 39 emisor base quedan dispuestas ligeramente más profundas que las uniones 18, 28 y 38 colector base y la zona 12 de emisor común comprende las subzonas 12a, 12b y 12c de alta resistividad, lo cual influye favorablemente sobre la absorción de radiación en los alrededores de las uniones emisor base.

Además, la extensión de la unión base emisor de los transistores puede ser aumentada dotando a la zona de emisor de un transistor con una zona de superficie denominada zona de reborde de emisor situada junto a la zona de colector y separada por la zona de base de la parte de la zona de emisor situada bajo la zona de base y que queda en posición contigua con una parte de la zona de emisor que es adyacente a la superficie

405 217²⁷



principal y está situada junto a la zona de base. Esto está representado en la Figura 9 para en transistor T_1 . El transistor T_1 tiene una zona 12 de emisor que comprende la zona 65 de reborde de emisor adyacente a la parte 4 de la zona de emisor que está situada junto a la zona 13 de base y en posición adyacente a la superficie principal 6.

Puede elegirse la naturaleza de la radiación 10 de acuerdo con el material semiconductor utilizado, de un modo que es usual para dispositivos semiconductores fotosensibles. En la presente realización, la radiación 10 debe ser así capaz de generar portadores de carga libres en el silicio. La radiación 10 puede consistir, por ejemplo, en radiación visible y/o infrarroja y comprende preferiblemente una parte considerable que tiene una longitud de onda alrededor de 800 μm . La fuente 8 de radiación puede ser cualquier fuente de radiación que emita radiación de la longitud de onda deseable, por ejemplo, una lámpara de incandescencia o una lámpara de descarga. Puede ser también utilizada luz solar. Además, la fuente de radiación puede ser una fuente de radiación de recombinación p-n. Esta última fuente de radiación puede no solamente estar combinada con el cuerpo semicon

405217

27 J



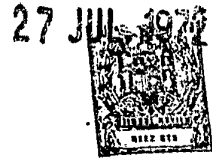
ductor 1 si no que aún puede estar incorporada en el cuerpo semiconductor 1.

5 Los medios ópticos que suministran la radiación 10 pueden, de este modo, comprender una fuente de radiación que está o no está combinada con el cuerpo semiconductor 1 o está incorporada en el cuerpo semiconductor 1, o puede solamente consistir en medios que permitan que sea suministrada radiación al cuerpo semiconductor 1, por ejemplo, una ventana transmisora de radiación en una envolvente del dispositivo semiconductor, por intermedio de cuya ventana puede hacerse que la luz solar incida sobre el cuerpo semiconductor 1.

15 El cuerpo semiconductor 1 puede formar parte de un cuerpo semiconductor más grande en am bas direcciones laterales, es decir en direcciones paralelas a la superficie principal 6, y en la dirección del espesor, es decir en una dirección perpendicular a la superficie principal 6.

20 De las realizaciones descritas, ha resultado obvio que pueden obtenerse ahorros tecnológicos considerables y ventajas de una naturaleza eléctrica mediante la utilización del invento. Como norma, es suficiente el uso de cuatro máscaras durante el proceso de fabricación, se consigue una

405 217



densidad de relleno particularmente alta de los
elementos activos, los transistores utilizados
tienen un emisor común de modo que no son necesari-
as pistas de conexión mutua, los colectores por
5 el contrario se separan automáticamente entre sí,
las resistencias pueden ser omitidas completamen-
te, lo que significa una ganancia de espacio muy
grande, el espacio situado entre las regiones 4,
que separan las zonas de base, está completamente
10 relleno de elementos activos, las capas enterradas
resultan superfluas, y puede ser omitido el cablea-
do necesario para proporcionar tensiones de ali-
mentación. Una ventaja particular durante el fun-
cionamiento, es que todas las corrientes varían
15 de la misma manera con la intensidad de la luz in-
cidente de modo que la sensibilidad a perturbacio-
nes de la disposición de circuito es muy pequeña.
Difícilmente ha de temerse la irradiación excеси-
va por una intensidad de luz demasiado grande (siem-
20 pre que la elevación de temperatura que tenga lu-
gar como resultado de ello no sea exorbitantemen-
te alta), puesto que las tensiones producidas au-
mentan solamente con el logaritmo de la energía ra-
diante incidente, de modo que la disposición de
25 circuito proporciona automáticamente un cierto lí-

405217

27 JUL



mite de dichas tensiones.

Un transistor, por ejemplo del dispositivo semiconductor representado en la Figura 6, puede comprender varias zonas 14a, 14b y 14c de colector presentes en una de las caras (en la superficie principal 6) del cuerpo semiconductor 1, como se representa en la Figura 10 para tal transistor. La utilización de varias zonas de colector brinda la posibilidad de obtener de un modo simple salidas eléctricamente separadas que pueden ser conectadas a entradas independientes de transistores subsiguientes. Además, controlando la corriente de colector en una de las zonas de colector, puede ser controlado el factor β de amplificación correspondiente a las otras zonas de colector. Por ejemplo, si uno de los colectores, por ejemplo 14a, está conectado a una resistencia controlable, por ejemplo el circuito colector emisor de un transistor controlado, el factor β de amplificación de corriente colector base correspondiente a otro colector, como por ejemplo 14b, variará con la mencionada resistencia controlable.

Se ha encontrado en la práctica que es posible obtener un factor β de amplificación de un valor 10 sin dificultad para un transistor in-

405217 27



vertido de acuerdo con el invento. Esto es suficiente para la mayoría de los fines.

5 Cuando se disponen varias zonas 14a, 14b y 14c de colector independientes (véase la Figura 10) se encuentra sorprendentemente que β aumenta más que proporcionalmente con el número de zonas de colector. Por ejemplo, cuando una zona de colector proporciona un valor β de 10, en que las zonas de colector restantes permanecen a una tensión flotante, se consigue una β de aproximadamente 25 utilizando dos de tales zonas, se consigue una β de aproximadamente 40 cuando se utilizan 3 de tales zonas, y así sucesivamente. Esto se verifica cuando todas las zonas de colector tienen las mismas dimensiones.

10 Este efecto está basado presumiblemente en el hecho de que el efecto de absorción de portadores se extiende a una zona mayor que la superficie de absorción de portadores real de las zonas de colector. La distancia mutua de dichas zonas de colector es preferiblemente del orden de magnitud del espesor de base, bajo las zonas de colector.

15

20

25 Las regiones 4 de tipo n^+ del dispositivo semiconductor representado en la Figura 6 están dispuestas, entre otras cosas, para evitar la

27 JUL. 1972

405217



acción de transistor lateral entre zonas de base de diversos transistores. Sin embargo, pueden presentarse circunstancias en las que una acción de transistor lateral entre dos zonas yuxtapuestas sea deseable.

La Figura 11 muestra un ejemplo de un dispositivo semiconductor en el cual tiene lugar una acción de transistor lateral. La estructura de dicho dispositivo difiere de la estructura de, por ejemplo, el transistor T_1 en la Figura 6, solamente en que la zona 13 de base de tipo p en la Figura 6 se compone de dos partes 70 y 71 en la Figura 11, cuyas partes están situadas una junto a otra próximas entre sí. Como resultado de esto, la estructura de la Figura 11, comprende, además de un transistor T_5 con la zona 72 de emisor de tipo n , la zona 70 de base de tipo p y la zona 73 de colector de tipo n^+ , un transistor T_4 lateral con las zonas 70 y 71 de emisor y colector de tipo p y la zona 74 de base de tipo n . Las zonas 73 y 71 de colector están interconectadas. En la Figura 12 se representa el diagrama de circuito eléctrico equivalente. La fuente I_5 de corriente se obtiene por exposición a radiación de la unión 75 emisor base del transistor T_5 y la fuente I_4 de co-

405217



corriente se obtiene por exposición a radiación de la unión 76 colector base del transistor T_4 .

Debido a la exposición, la fuente I_5 de corriente hará que el transistor T_5 entre en conducción. La corriente de la fuente I_4 de corriente fotoeléctrica circulará, por lo tanto, principalmente, a través del circuito colector emisor del transistor T_5 . Como resultado de esto, la tensión en el electrodo c_4 de colector del transistor T_5 caerá por debajo de la tensión presente en el electrodo b de base del transistor T_5 , como resultado de lo cual empieza a circular corriente a través del transistor T_4 p-n-p lateral, cuya corriente se toma de la fuente I_5 . En definitiva, se alcanzará un punto M (Figura 3) de ajuste en el cual circula solamente una pequeña fracción de la corriente de la fuente I_5 de corriente, a través del transistor T_5 , como corriente de base, y en tan pequeña magnitud que dicho transistor funciona en la zona lineal de sus características. Cuando se utiliza como conmutador electrónico, tal ajuste tiene la ventaja de que no tiene lugar más almacenamiento de carga en la zona de base que el justamente necesario para que el transistor funcione en su estado de conducción intensa. Sin embargo,

405217

27 JUL 1972




el dispositivo puede ser también utilizado como amplificador lineal realimentado negativamente.

Puede ser también realizado por medio de la estructura de la Figura 6, otro tipo de amplificador lineal simple cuyo diagrama de circuito
5 equivalente se representa en la Figura 13. La estructura de los transistores T_{11} , T_{12} y T_{13} corresponde nuevamente a la de los transistores T_1 , T_2 y T_3 representada en la Figura 6. En esta ocasión,
10 sin embargo, el colector c del primer transistor está conectado a la base b del segundo transistor cuyo colector está conectado a la base del tercer transistor, mientras que finalmente el colector del tercer transistor está conectado, por interme-
15 dio de un circuito de transmisión de corriente continua que comprende un altavoz o teléfono L y un micrófono M, a la base del primer transistor. El condensador C sirve para suprimir la realimentación negativa en corriente alterna. Debido al acoplamiento de realimentación de corriente continua,
20 por intermedio de dicho circuito transmisor de co rriente continua, se tendrá otra vez disponible solamente una corriente de base para cada uno de los transistores, tal que dichos transistores están tra-
25 bajando en la zona de funcionamiento lineal de sus



características, como se ha descrito también con referencia a las Figuras 11 y 12 (circulando el resto de la corriente de las fuentes I_{11} , I_{12} e I_{13} a través del circuito colector emisor de los transistores precedentes en la disposición en cascada). De esta manera, se obtiene un amplificador extremadamente simple, por ejemplo para prótesis auditiva, que funciona solamente mientras el elemento semiconductor está expuesto a radiación. Con el fin de obtener fuentes I_{11} , I_{12} e I_{13} de corriente de valor adecuado, es aconsejable que la superficie de las uniones base emisor de los transistores T_{12} y T_{13} sea pequeña con relación a la del transistor T_{11} .

Puede obtenerse un método simple para el control de amplificación (posiblemente automático) utilizando, por ejemplo, dos colectores como se ha descrito con referencia a la Figura 10. Cuando uno de dichos colectores está conectado a masa por intermedio de una resistencia controlable (por ejemplo la resistencia interna de un transistor), la corriente de señal que pasa por el otro colector dependerá de dicha resistencia, de modo que dicha corriente de señal puede ser controlada fácilmente, y si se desea automática-

405217²⁷  ²⁷

mente.

La disposición de circuito representada en la Figura 2 puede ser ampliada en su aplicación a un contador de anillo o a un registro de desplazamiento de un modo simple. La forma más simple de un contador de anillo es un circuito de báscula biestable que se obtiene si el punto D de conexión está conectado, por ejemplo, al punto B de conexión. Los transistores T_2 y T_3 constituyen en este caso un circuito báscula del tipo Eccles Jordan.

Resultará obvio que el invento no está restringido a las realizaciones descritas y que son posibles muchas variaciones para los expertos en la técnica sin apartarse del campo de este invento. Por ejemplo, puede disponerse una capa antirrefleitora sobre la capa 9 aislante en las Figuras 4 y 6. Con el fin de aumentar la velocidad de conmutación, las zonas de base pueden presentar, al menos bajo las zonas de colector, una concentración creciente de impureza en la dirección desde las zonas de colector a la zona de emisor. Puede obtenerse tal impurificación, por ejemplo, por implantación iónica o por crecimiento epitaxial, siendo suministrada una cantidad variable de impurezas. En vez de partir de un substrato 2 de tipo n^+ (véase la



405217

Figura 6) sobre el cual se dispone una capa 3 epitaxial de tipo n de concentración de impurezas más baja, el material de partida puede ser también un substrato de tipo n^+ y puede disponerse este substrato por difusión de impurezas con una capa de superficie de tipo n de concentración de impureza más baja. En las realizaciones descritas pueden también ser intercambiados los tipos de conductividad. Pueden también utilizarse materiales semiconductores convencionales y materiales aislantes diferentes del silicio y óxido de silicio, por ejemplo materiales semiconductores del tipo $A_{III} - B_V$ y capas aislantes de nitruro de silicio.

Las regiones 4 de tipo n en la Figura 6 pueden ser también sustituidas parcialmente, en vez de completamente, por regiones de un material aislante como se representa en la Figura 14 para el transistor T_1 y sus alrededores. Las regiones 4 están compuestas de las regiones secundarias 4a aislantes y las regiones secundarias 4b de tipo n^+ . Las regiones secundarias 4a aislantes son, por ejemplo, de óxido de silicio y se extienden hasta una distancia de la superficie principal 6 ligeramente mayor que de la zona 13 de base. Estas regiones secundarias pueden obtenerse por oxida-

405217



ción local del cuerpo semiconductor 1 al tiempo que se utiliza una máscara de oxidación, por ejemplo de nitruro de silicio. Las regiones secundarias 4b de tipo n^+ pueden obtenerse por un procedimiento usual en la forma de capas enterradas. Pueden combinarse también varias estructuras semiconductoras, por ejemplo, en un único cuerpo semiconductor, en el cual una de las estructuras muestra tipos de conductividad opuestos con relación a la otra. Las corrientes fotoeléctricas generadas en una de las estructuras pueden entonces alimentar a la otra estructura y recíprocamente.

Desde un punto de vista técnico de circuito, pueden ser introducidos varios refinamientos, por ejemplo la estabilización de la cantidad de luz incidente, por ejemplo controlando la fuente de luz de acuerdo con la tensión fotoeléctrica generada. Mediante acoplamiento eléctrico de realimentación, puede obtenerse, por ejemplo, un oscilador cuya frecuencia aumenta con la intensidad luminosa de la cual puede tomarse una cantidad de control para la fuente de luz. Con el fin de obtener una señal de salida de alta potencia, pueden ser utilizados uno o solamente unos pocos transistores de salida (por ejemplo en disposición de se-

405217

27 JUN 1972



5 guidor de emisor) sobre un elemento que tiene, por ejemplo, muchas decenas o centenares de transistores que son alimentados solamente por la radiación incidente, de cuyos transistores la conexión de salida estaría conectada, por intermedio de una resistencia de salida, a una tensión de alimentación (no son necesarias entonces pistas conductoras adicionales dentro del circuito integrado para suministrar dicha tensión de alimentación).

10 Las realizaciones descritas de dispositivos semiconductores y configuraciones de semiconductores en las que tiene lugar conversión de energía, frecuentemente con la ayuda de una unión base emisor, pueden ser utilizadas ventajosamente
15 también en circuitos diferentes a los descritos y que comprenden una unión p-n a ser polarizada en sentido directo.

20 La presente solicitud que corresponde a la presentada en Holanda, con fecha 20 de Marzo de 1.971, bajo el Número 7103772 y 18 de Junio de 1.971, Número 7108373, se acoge a los beneficios del Artículo 51 del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.

25

5.7.72

405217

27



5

- REIVINDICACIONES -

10

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:

15

20

25

1.- Un dispositivo semiconductor adecuado para utilización en una disposición de circuito que tiene al menos un elemento que es activado por radiación, que tiene un cuerpo semiconductor que comprende un transistor con una zona de emisor, una zona de base y una zona de colector, cada una de las cuales está provista de un contacto de conexión, en el cual están presentes medios ópticos para polarizar la unión emisor base del transistor al menos transitoriamente en sentido directo por irradiación óptica y una fuente de alimentación que polariza la zona de colector en el estado de

5.7.72

-67 -

27 JUL 1972

405217

absorción de portadores, siendo suministradas señas
eléctricas de entrada al transistor entre los
contactos de conexión de la zona de base y de la
zona de emisor y siendo tomadas señas eléctricas
5 de salida del contacto de conexión de la zona de
colector, caracterizado porque la zona de colector
está en posición contigua a una superficie princi-
pal del cuerpo semiconductor y, vista sobre dicha
superficie principal, la zona de colector completa
10 está situada sobre una parte de la zona de base
quedando la zona de base adyacente a la superficie
principal según una región que contornea a la zona
de colector, quedando la zona de base y la zona de
colector juntas en posición adyacente a la super-
15 ficie principal sólo localmente y extendiéndose la
zona de emisor por debajo de la zona completa de
base, siendo los medios ópticos medios que suminis-
tran, a través de la superficie principal, radia-
ción óptica a las proximidades de la unión base
20 emisor del transistor de modo que la corriente fo-
toeléctrica generada por los medios ópticos a tra-
vés de la unión emisor-base es mayor en el caso de
un cortocircuito externo a través de la unión emi-
25 sor base que la corriente a través de la unión co-
lector base en el caso de un cortocircuito externo

5.7.72

- 68 -



405217

27



a través de esta unión colector base.

5 2.- Un dispositivo semiconductor de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque la parte de la zona de base adyacente a la superficie principal del cuerpo semiconductor presenta una concentración creciente de impureza en dirección hacia dicha superficie principal.

10 3.- Un dispositivo semiconductor de acuerdo con la reivindicación 1 ó la reivindicación 2, caracterizado porque el cuerpo semiconductor comprende un substrato semiconductor, encontrándose sobre dicho substrato una capa epitaxial y en cuya capa se encuentra la zona de base del transistor, perteneciendo a la zona de emisor al menos la parte del substrato adyacente a la capa epitaxial.

15 4.- Un dispositivo semiconductor de acuerdo con una o más de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque la zona de emisor del cuerpo semiconductor rodea completamente a la zona de base y es adyacente a la superficie principal del cuerpo semiconductor.

20 5.- Un dispositivo semiconductor de acuerdo con la reivindicación 4, caracterizado porque la zona de emisor comprende una zona de superficie (denominada zona de reborde de emisor) que

25

5.7.72

405217

27



está situada junto a la zona de colector, está se-
parada por la zona de base de la parte de la zona
de emisor que se encuentra bajo la zona de base y
es adyacente a una parte de la zona de emisor con-
5 tigua a la superficie principal, y que está situa-
da junto a la zona de base.

6.- Un dispositivo semiconductor de
acuerdo con una o más de las reivindicaciones 1 a
5, caracterizado porque además del primer tran-
10 sistor ya mencionado, el cuerpo semiconductor com-
prende otro transistor que tiene una zona de co-
lector contigua a la superficie principal del cuer-
po semiconductor, en el cual, vista sobre la super-
ficie principal, dicha zona de colector está situa-
15 da sobre una parte de la zona de base del otro
transistor, estando dicha zona de base en posición
contigua a la superficie principal contorneando a
la zona de colector, y extendiéndose la zona de emi-
sor, que es común al otro transistor y al primer
20 transistor ya mencionado, por debajo de las zonas
de base completas de ambos transistores.

7.- Un dispositivo semiconductor de
acuerdo con la reivindicación 6, caracterizado por-
que los medios ópticos son medios que suministran
25 también radiación a las inmediaciones de la unión

5.7.72

- 70 -

A handwritten signature in dark ink, consisting of stylized, cursive letters.

405217



emisor base del otro transistor a fin de polarizar dicha unión al menos transitoriamente en sentido directo por irradiación óptica..

5 8.- Un dispositivo semiconductor de acuerdo con la reivindicación 7, caracterizado porque la zona de colector del primer transistor está electricamente conectada a la zona de base del otro transistor, se suministran señales eléctricas de entrada a la zona de base del primer transistor
10 y se toman señales eléctricas de salida de la zona de colector del otro transistor.

15 9.- Un dispositivo semiconductor de acuerdo con una o más de las reivindicaciones 6 a 8, caracterizado porque una zona de superficie que pertenece a la zona de emisor común y que tiene una concentración de impureza más alta que la zona de base está situada entre las zonas de base de uno y otro transistores.

20 10.- Un dispositivo semiconductor de acuerdo con la reivindicación 3 y una o más de las reivindicaciones 6 a 8, caracterizado porque entre las zonas de base de uno y otro transistores está situada una capa aislante que está incrustada en el cuerpo semiconductor y se extiende desde la su-
25 perficie principal del cuerpo semiconductor, en

5.7.72

405217 27



parte del espesor de dicho cuerpo.

5 11.- Un dispositivo semiconductor adecuado para utilización en una disposición de circuito que tiene al menos un elemento que es activado por radiación y que comprende un cuerpo semiconductor que tiene un transistor con una zona de emisor, una zona de base y una zona de colector, en el cual se encuentran medios ópticos para polarizar la unión emisor base del transistor al menos transitoriamente en sentido directo por irradiación óptica y una fuente de alimentación para polarizar la zona de colector en el estado de absorción de portadores, caracterizado porque la zona de emisor comprende dos subzonas adyacentes de un tipo de conductividad de las cuales una subzona tiene una resistividad más alta que la otra subzona y la primera subzona mencionada está situada entre la zona de base y la otra subzona y forma con la zona de base, que es del tipo de conductividad opuesto, al menos la mayor parte de la unión emisor base.

10

15

20

25 12.- Un dispositivo semiconductor de acuerdo con la reivindicación 11, caracterizado porque a lo sumo con la excepción de las partes de borde de la unión emisor base, dicha unión está constituida por la primera subzona y la zona de

5.7.72

- 72 -

405217



base.

13.- Un dispositivo semiconductor de acuerdo con la reivindicación 11 o la reivindicación 12, caracterizado porque la zona de colector es adyacente a una superficie principal del cuerpo semiconductor y, vista sobre dicha superficie principal, la zona completa de colector está situada sobre una parte de la zona de base, siendo adyacente la zona de base a la superficie principal según una región que contornea a la zona de colector, estando situada la zona de base en su integridad sobre la primera subzona de la zona de emisor, estando situada dicha primera subzona sobre la otra subzona de la zona de emisor, y la primera subzona estando limitada en direcciones paralelas a la superficie principal por una región que rodea a la zona de base, se extiende desde la superficie principal en el cuerpo semiconductor, está en posición adyacente a la parte de la otra subzona situada bajo la primera subzona y constituye, con la primera subzona, una unión que impide la penetración de portadores minoritarios de carga dentro de la región procedentes de la primera subzona.

25

14.- Un dispositivo semiconductor de

5.7.72

- 73 -

AAA

405217

27 JUL 1972



5 acuerdo con una o más de las reivindicaciones 11
a 13, caracterizado porque el cuerpo semiconduc-
tor comprende un substrato semiconductor que tie-
ne una capa epitaxial que está dispuesta sobre el
mismo y que es adyacente a una superficie princi-
pal del cuerpo semiconductor, en cuya capa epita-
xial se encuentra la zona de base como una zona
contigua a la superficie principal contorneando a
la zona de colector y que se extiende solamente
10 sobre parte del espesor de la capa epitaxial y que
está situada bajo la totalidad de la zona de co-
lector que está en posición contigua a la superfi-
cie principal, perteneciendo al menos la parte de
la capa epitaxial situada bajo la zona de base a
15 la primera subzona de la zona de emisor y pertene-
ciendo al menos la parte del substrato que es adya-
cente a la capa epitaxial a la otra subzona de la
zona de emisor, siendo los medios ópticos medios
que suministran radiación a las inmediaciones de
20 la unión emisor base por intermedio de la superfi-
cie principal.

25 15.- Un dispositivo semiconductor de
acuerdo con las reivindicaciones 13 y 14, carac-
terizado porque la región se extiende en todo el
espesor de la capa epitaxial, es del mismo tipo de

5.7.72

- 74 -

405217

27 JU



conductividad que la zona de emisor y tiene una concentración de impureza más alta que la zona de base y pertenece a la otra subzona de la zona de emisor.

5 16.- Un dispositivo semiconductor de acuerdo con las reivindicaciones 13 y 14, caracterizado porque la región se extiende en todo el espesor de la capa epitaxial y es de un material aislante.

10 17.- Un dispositivo semiconductor de acuerdo con la reivindicación 15 o la reivindicación 16, caracterizado porque la zona de base está limitada por la región en direcciones paralelas a la superficie principal.

15 18.- Un dispositivo semiconductor adecuado para utilización en una disposición de circuito que tiene al menos un elemento que es activado por radiación que comprende un cuerpo semiconductor que tiene un transistor con una zona
20 de colector que se encuentra en una de las caras del cuerpo semiconductor y que constituye una unión colector base con la zona de base del transistor y con una zona de emisor que, vista sobre dicha cara del cuerpo semiconductor, está situada
25 al menos bajo la zona de colector y que constitu-

405217

27



ye la unión emisor base con la zona de base, en el cual se encuentran medios ópticos para polarizar la unión emisor base al menos transitoriamente en sentido directo por irradiación óptica y una fuente de alimentación que polariza la zona de colector en el estado de absorción de portadores, caracterizado porque visto sobre dicha cara del cuerpo semiconductor, la unión colector base tiene una extensión lateral considerablemente menor que la unión emisor base, en el cual la corriente fotoeléctrica generada por los medios ópticos a través de la unión base emisor en el caso de un cortocircuito externo a través de dicha unión es mayor que la corriente a través de la unión colector base en el caso de un cortocircuito externo a través de dicha unión.

19.- Un dispositivo semiconductor de acuerdo con la reivindicación 18, caracterizado porque los medios ópticos son medios que suministran radiación a las inmediaciones de la unión emisor base por intermedio de la mencionada cara del cuerpo semiconductor.

20.- Un dispositivo semiconductor de acuerdo con la reivindicación 19, caracterizado porque, mirando la cara del cuerpo semiconductor,

5.7.72

- 76 -

405217 27 JUN 1972



una capa metálica conectada a la zona de colector se extiende por encima de, al menos, la mayor parte de la zona de colector.

5 21.- Un dispositivo semiconductor de acuerdo con la reivindicación 18 ó la reivindicación 19, caracterizado porque la zona de colector está constituida por una capa de contenido metálico que está dispuesta sobre la zona de base y que constituye una unión Schottky con la zona de base.

10

22.- Un dispositivo semiconductor de acuerdo con una o más de las reivindicaciones 18 a 21, caracterizado porque el transistor comprende varias zonas de colector yuxtapuestas que están situadas en la cara del cuerpo semiconductor.

15

23.- Un dispositivo semiconductor de acuerdo con una o más de las reivindicaciones 18 a 22, caracterizado porque la extensión lateral de la unión emisor base es al menos dos veces mayor que la de la unión colector base.

20

24.- Un dispositivo semiconductor adecuado para utilización en una disposición de circuito que tiene al menos un elemento que es activado por radiación.

25

405217

27 JUL 1972



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

5 Esta Memoria consta de setenta y ocho hojas escritas a máquina por una sola de sus caras.

Madrid, 27 JUL. 1972

P.A.

Alberio de Eizaburu
Pdr. Forner



5.7.72/RTA.-

405217

16 AGO

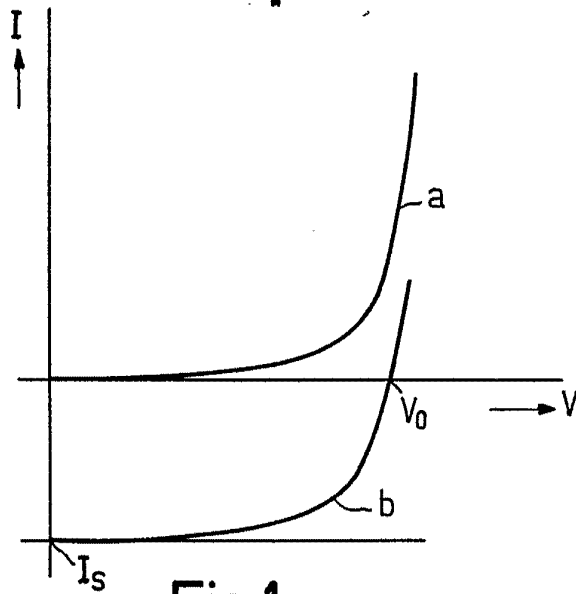


Fig.1

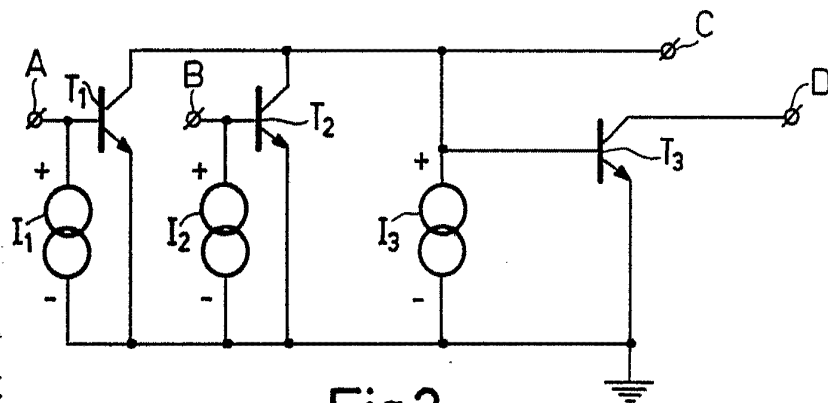


Fig.2

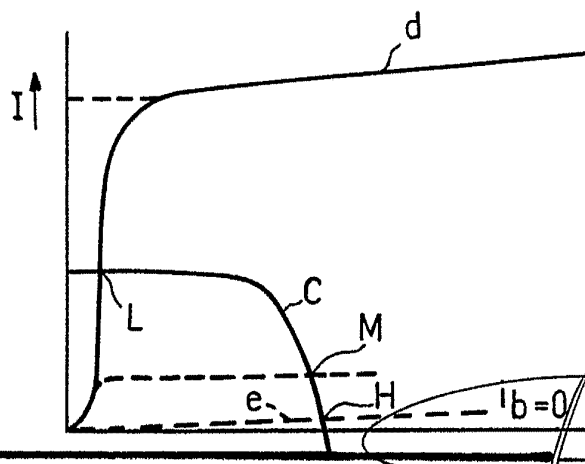


Fig.3

Alberto de Elzaburo
Por Poder.

405217

16 AUG 1977

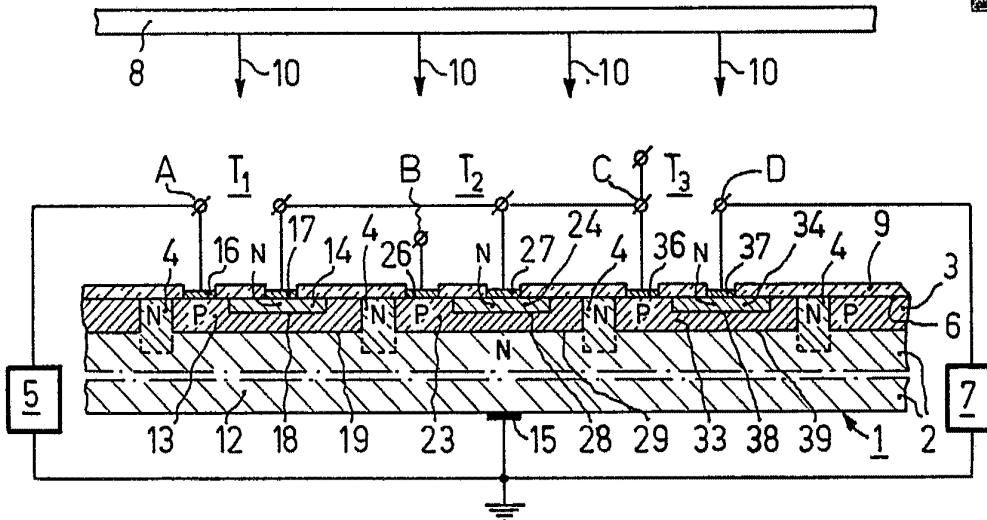


Fig. 4

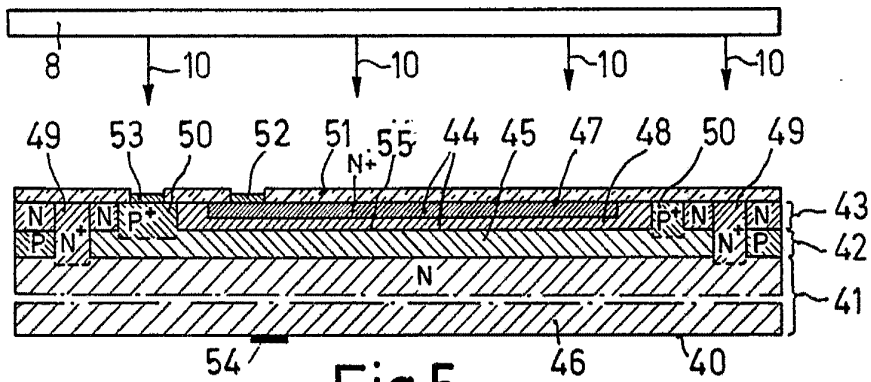


Fig. 5

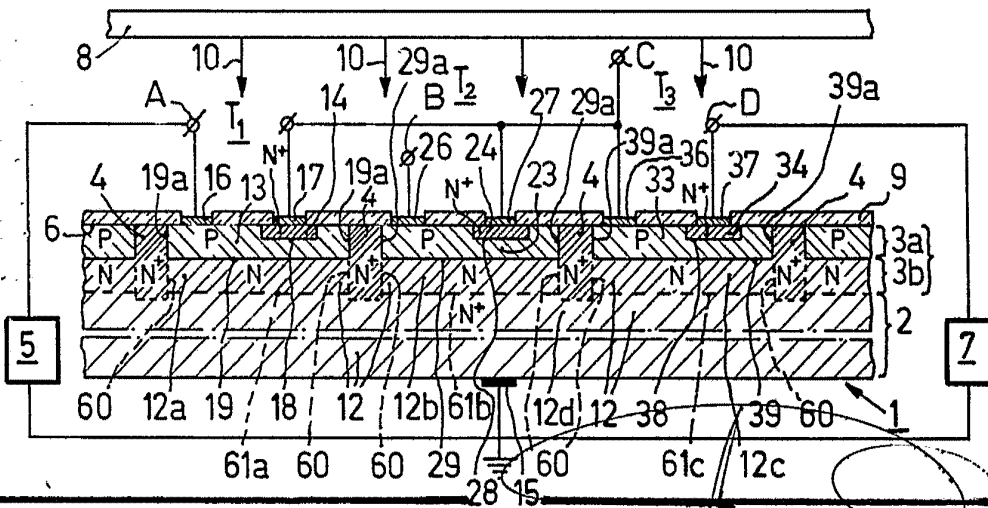


Fig. 6

Abstract of the International Patent Classification for Patent

405217

18 AUG 1960

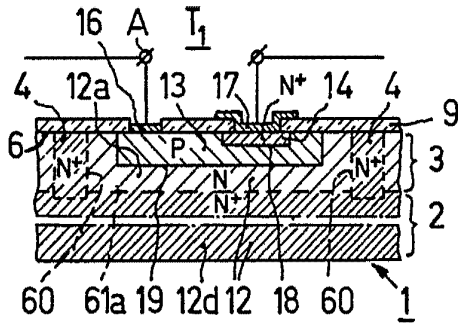


Fig.7

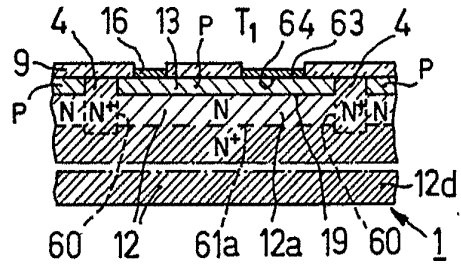


Fig.8

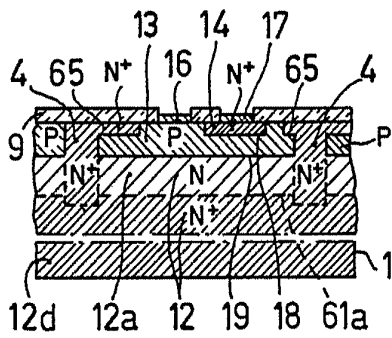


Fig.9

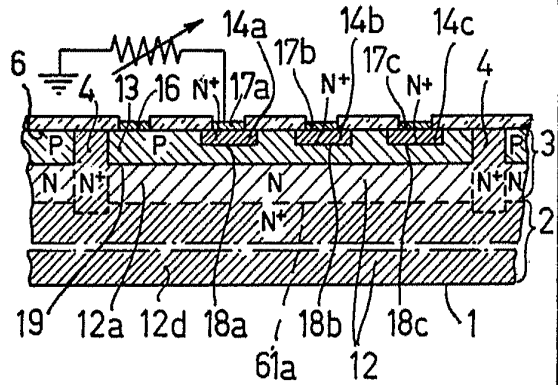


Fig.10

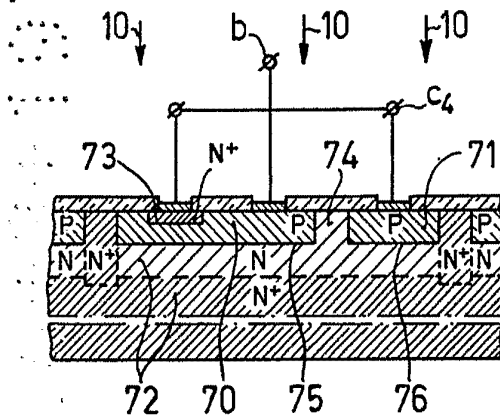


Fig.11

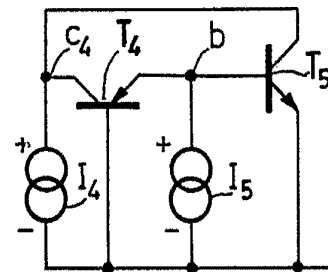


Fig.12

Alberto de Szaburu
Por Poder,

400217

16 AUG.

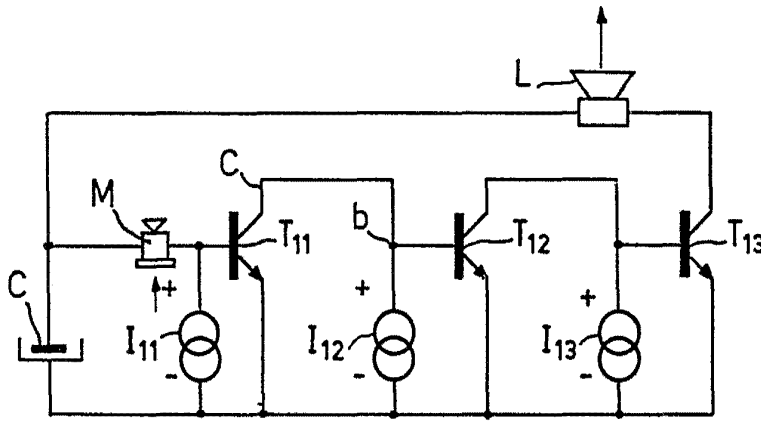


Fig.13

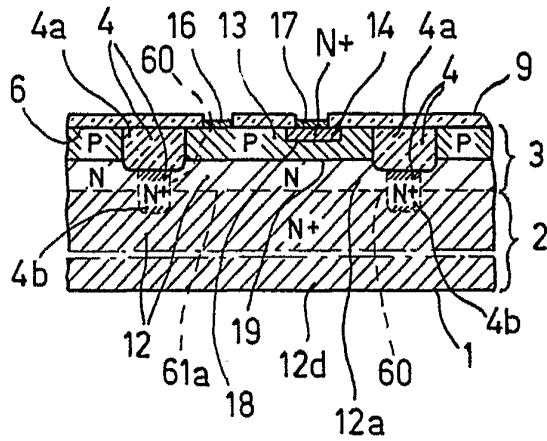


Fig.14

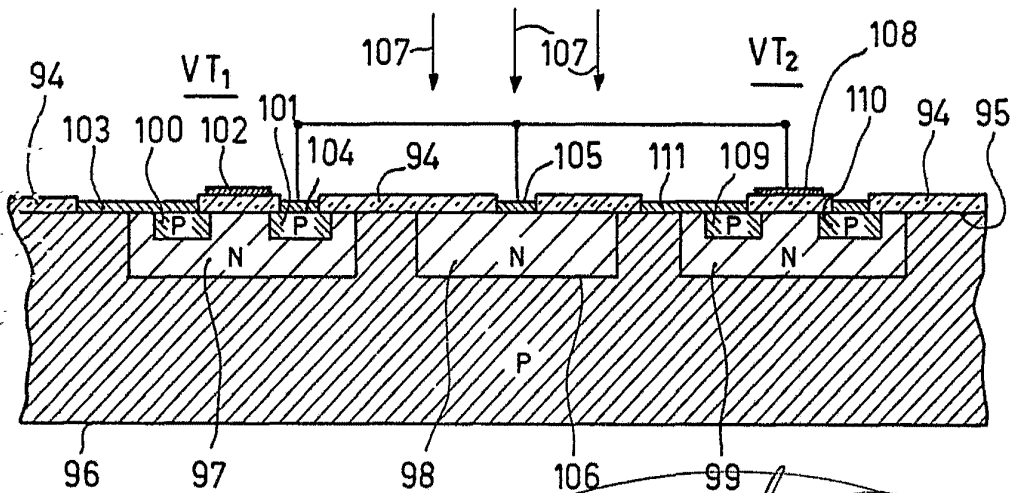


Fig.15

Alberto de Eizaburu
Per Foudr.