

13 JUL.

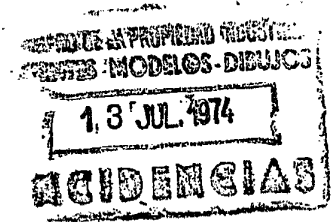
P.- 50.304

PHN 5705 Spain VD/EV



F. e. 15-XI-74 400926

MEMORIA DESCRIPTIVA



para solicitar PATENTE DE INVENCION por 20 años

a nombre de N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN

entidad holandesa

Int. Cl. <sup>2</sup> : <u>H01C</u>
-------------------------------------

con domicilio en Emmasingel 29, Eindhoven, Holanda.

por: " PERFECCIONAMIENTOS INTRODUCIDOS EN CIRCUITOS QUE TIENEN AL MENOS UN ELEMENTO DE CIRCUITO QUE ES ACTIVADO POR MEDIO DE RADIACION "

(Clase Internacional H01r, H01l)

400926

27



El invento se refiere a una disposición de circuito que tiene al menos un elemento de circuito que es activado por medio de radiación.

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 -  
10 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  
15 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,  
20 en general, por la radiación incidente.

25 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 ultra-

400926

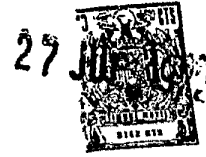
27



violata, respectivamente, y en general aquella radiación para la cual el material semiconductor presenta una conversión en energía eléctrica.

5 Ha de ser considerado aquí que las expresiones "activado" y "activando" significan "alimentado con energía" o "alimentando con energía" requerida 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 transistor bipolar, -  
10 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 doble por la corriente  
15 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 control, cuya corriente de polarización o tensión de polarización pueden también ser  
20 suministradas por medio de la radiación incidente. La radiación en los dispositivos semiconductores que se describirán aquí posteriormente, puede servir aún exclu  
25

400926



sivamente para producir corrientes o tensiones de polarización.

5 Los circuitos conocidos transistorizados acti  
vados 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 co  
rriente eléctrica para la activación de uno o varios tran  
sistores adicionales del circuito.

10 De acuerdo con un primer aspecto del invento,  
una disposición de circuito del tipo descrito en la in-  
troducción se caracteriza porque la disposición de cir-  
cuito comprende un primer y un segundo transistores que  
están dispuestos en cascada y porque la corriente prin-  
cipal del primer transistor es suministrada, al menos  
15 en su mayor parte, mediante la exposición a radiación  
de la unión emisor base del segundo transistor. Eligien-  
do la capa de límite emisor base del segundo transistor  
como fuente de activación del primer transistor, se ha-  
cen posibles disposiciones de circuito que son extrema-  
20 damente adecuadas para funciones lógicas, por ejemplo  
una puerta "NI", y para amplificación de baja potencia  
y/o lineal, respectivamente, por ejemplo para prótesis  
auditivas. Las ventajas residen, principalmente, en las  
simplificaciones considerables en la tecnología de inte-  
25 gración.

400926

27



5 La característica distintiva preferida de la  
disposición de circuito de acuerdo con dicho primer as-  
pecto del invento, es que los emisores del primer y del  
segundo transistor están construidos como una zona cohe-  
rente de un tipo de conductividad en un cuerpo semicon-  
ductor, en cuya zona se encuentran zonas de base separa-  
das, del tipo de conductividad opuesta, dentro de las -  
cuales están incorporadas las uniones base-colector del  
primer y el segundo transistores.

10 De acuerdo con un segundo aspecto del invento,  
una disposición de circuito del tipo mencionado en la  
introducción se caracteriza porque la disposición de cir-  
cuito comprende un elemento de circuito que funciona,  
bién en el estado de conducción, o bién en el estado de  
corte y sirve como conmutador electrónico y porque la  
15 corriente de alimentación del conmutador es suministrada  
por una unión rectificadora en paralelo con el circuito  
de paso de la corriente principal del conmutador, cuya  
unión rectificadora está expuesta a radiación haciéndose  
20 se funcionar consecuentemente dicha unión cerca del va-  
lor de corriente de cortocircuito o bién del valor de co-  
rriente cero de su característica corriente tensión pro-  
ducida por la radiación de acuerdo con el hecho de si  
25 el conmutador esté en su estado de conducción o en su  
estado de corte, siendo suministrada la tensión así pro-

400926

27



ducida a través de la unión rectificadora para fines de control a un elemento adicional de circuito que sirve como conmutador electrónico. En este caso, se hace uso del notable efecto de que la unión rectificadora sirve  
5 al mismo tiempo como fuente de activación y como carga para el conmutador.

Una disposición de circuito de acuerdo con el segundo aspecto del invento, es particularmente adecuada para utilización en circuitos digitales para circuitos lógicos. Tales circuitos lógicos comprenden frecuen-  
10 temente un gran número de transistores que están integrados en un cuerpo semiconductor único y que están conectados entre sí por pistas conductoras que constituyen también un cierto número de puntos de conexión para una  
15 o varias entradas, para una o varias salidas y para la alimentación eléctrica. Haciendo uso del invento, se evitan, al menos en parte considerable, las pistas conductoras de alimentación para la activación del elemento de circuito.

20 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:

25 La Figura 1 representa las características co-



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 invento,

5 La Figura 3 representa varias características corriente tensión de los transistores de la disposición de circuito representada en la Figura 2,

La Figura 4 es una vista en corte de un dispositivo semiconductor a utilizar en una disposición de circuito de acuerdo con el invento,

10 La Figura 5 es una vista en corte de otra realización de un dispositivo semiconductor a utilizar en una disposición de circuito de acuerdo con el invento,

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

20 La Figura 12 representa el diagrama de circuito,

La Figura 13 representa una realización adicional de una disposición de circuito de acuerdo con el invento,

25 La Figura 14 es una vista en corte de una par-

400926

27 JUN 1972



te 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 exteriormente como una corriente fotoeléctrica: la corriente  $I_g$  de cortocircuito. Si no se establece conexión a la unión p-n, los huecos ge-



nerados 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 representadas 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

400926



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 in  
5 terna 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  
10 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  
15 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 fotoeléctricas colector base parásitas posiblemente generadas),  
20 de modo que permanece demasiado poca corriente en la base del transistor  $T_3$  para provocar la conducción de corriente de dicho transistor. En la Figura 3 se representa la corriente fotoeléctrica emisor base del transistor  $T_3$  en función de su tensión emisor base mediante la curva  
25  $g$ ; en dicha figura está representada la corriente emisor



colector de los transistores  $T_1$  y  $T_2$ , respectivamente, en función 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 del transistor  $T_3$ . Cuando las tensiones presentes tanto en el punto A como en el punto B caen por debajo 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 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 corriente en abundancia de modo que la tensión en su colector (punto D) disminuye sustancialmente al potencial de masa.

De acuerdo con el segundo aspecto del invento, es utilizada la curva característica b (véase la Figura 1) de un modo particular tanto para proporcionar el circuito de corriente principal de un conmutador electrónico que se hace funcionar en cualquiera de los estados de conducción o de corte (fuera de conducción), por ejemplo un transistor, y para constituir la impedancia de carga para dicho conmutador electrónico. Como ya se ha

400926



descrito, la unión rectificadora bajo exposición, puede formar parte de un transistor subsiguiente que es conmutado al estado de conducción o de corte de acuerdo con el estado del transistor primeramente mencionado; sin embargo, la unión rectificadora puede también formar parte del propio transistor primeramente mencionado 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.

10                   En la Figura 15 se representa un ejemplo de acuerdo con dicho segundo aspecto del invento. Un cuerpo semiconductor 96 de tipo p, cuya superficie 95 está cubierta con una capa 94 aislante, comprende islas 97, 98 u 99 de tipo n contiguas a la superficie 95. En la isla 97 está dispuesto un transistor  $VT_1$  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 campo 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 semiconductor 96 que rodea dicha isla. La zona 101 de electrodo de salida está conectada a un contacto 105, de la isla 98 por inter-

400926



medio de un contacto 104.

5 La isla 98 constituye la unión 106 p-n con la parte de tipo p que la rodea del cuerpo semiconductor 96. Mediante exposición de los alrededores 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 la rodea del cuerpo 96, sirve como impedancia de carga del transistor  $VT_1$  de efecto de campo.

10 La tensión en el contacto 105 es suministrada al electrodo 108 de control de un transistor  $VT_2$  adicional de efecto de campo que está dispuesto en la isla 99 y comprende una zona 109 de electrodo de entrada de tipo p que está conectada, por intermedio de un conductor 111, a la isla 99 y a la parte del cuerpo 96 que la rodea, y comprende una zona 110 de electrodo de salida de tipo p. En este caso, se obtiene un efecto de conmutación análogo al descrito con referencia a la Figura 2 en relación con transistores bipolares.

20 El segundo aspecto del invento está también realizado en la disposición de circuito representada en la Figura 2. Puesto que los circuitos de corriente principal (es decir, los circuitos colector emisor) de los transistores  $T_1$  y  $T_2$  están conectados en paralelo con 25 la unión semiconductor que está constituida por el cir

400926

27 JUN 1962



5 cuito base emisor del transistor  $T_3$ , dicha unión semi-  
conductora asegura por una parte la corriente de alimen-  
tación para los transistores  $T_1$  y  $T_2$  (designada por la  
fuente  $I_3$  de corriente fotoeléctrica) y por otra parte  
la variación de tensión a través de dicha unión semicon-  
ductora, o sea entre la base y el emisor del transistor  
 $T_3$ , es utilizada para controlar el transistor  $T_3$  que  
sirve como conmutador electrónico adicional.

10 En la práctica, el circuito puerta representa-  
do en las Figuras 2 y 3, respectivamente, constituye so-  
lamente una pequeña parte componente de un circuito in-  
tegrado completo, en el cual por lo general un número  
mayor que los dos transistores  $T_1$  y  $T_2$  de puerta están  
dispuesto con sus circuitos colector emisor entre el  
15 punto C y masa (sistema convergente de entrada), mien-  
tras que también un número de transistores mayor que so-  
lamente el transistor  $T_3$  están conectados con su cir-  
cuito base emisor entre dichos puntos (sistema divergen-  
te de salida). Los puntos A y B, respectivamente, están  
20 conectados, por ejemplo, a la salida C de circuitos puer-  
ta similares precedentes, como también la salida C de la  
disposición de circuito mostrada conduce nuevamente a  
las entradas (de acuerdo con  $T_3$ ) de circuitos puerta si-  
milares subsiguientes. Es de importancia que el factor  
25  $\beta$  de amplificación de corriente colector base de los

400926

27 JU



transistores utilizados, quede suficientemente por encima del número de transistores de salida utilizados, de modo que la parte plana de la curva  $d$  en la Figura 3 permanezca por encima del punto L de funcionamiento.

5 Se describirán ahora unas pocas realizaciones de dispositivos semiconductores de acuerdo con el invento.

El dispositivo semiconductor representado en la Figura 4, que es adecuado para utilización en una  
10 disposición de circuito tal como la representada en la Figura 2, comprende un cuerpo semiconductor 1 que tiene un transistor  $T_1$ . Dicho transistor  $T_1$  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 15, 16 y 17, de conexión, respectivamente. Están presentes medios ópticos 8, por ejemplo una fuente de luz, que polarizan la unión 19 emisor base del transistor  $T_1$  al menos transitoriamente en sentido directo por exposición a radiación 10 que es, por ejemplo, luz visible.  
20 Además, está presente una fuente de alimentación, constituida en la presente realización por la unión 39 base 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  
25 de señal son suministradas señales eléctricas de entra-

400926



da al transistor  $T_1$  entre los contactos 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  $T_3$ .

De acuerdo con el tercer aspecto del invento, la zona 14 de colector está en posición contigua a la superficie principal 8 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 10 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 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.

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 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 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  $T_3$ .

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 ópti-

400926



ca.

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 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  $T_2$  tie-

400926



ne una zona 12 de emisor de tipo n que es común a la zona de emisor de los transistores  $T_1$  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.

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 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 zonas 4 de superficie más altamente impurificadas,

400926

27



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 representado en la Figura 4, constituye una estructura particularmente simple y compacta para la disposición de circuito representada en la Figura 2 en forma integrada, que es activada por medio de radiación. Es posible esta estructura simple y compacta con una zona de emisor común para los  
10 transistores al utilizar transistores invertidos, o sea transistores en los cuales al menos la mayor parte de la unión emisor base queda en posición más profunda en el cuerpo semiconductor que al menos la mayor parte de la unión colector base. Como ya se ha explicado antes,  
15 esto también tiene un efecto favorable sobre la corriente fotoeléctrica y/o la tensión fotoeléctrica a ser generada a través de la unión emisor base por medio de radiación, compuesta por ejemplo, de luz visible. Para muchas disposiciones de circuito, por ejemplo para la disposición de circuito representada en la Figura 2, dichas ventajas compensan cumplidamente el factor de amplificación ligeramente más pequeño de los transistores invertidos.  
20

25 El dispositivo semiconductor representado en la Figura 4 puede ser fabricado por medio de métodos usados convencionalmente en la tecnología de semiconduc



tores. El material de partida es un substrato 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, 24, 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 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,

400926



los portadores de carga minoritarios libres generados en las zonas de base por radiación son impulsados a las uniones emisor base.

5 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 cuerpo, entre las zonas 13, 23 y 33 de base de los transistores  $T_1$ ,  $T_2$  y  $T_3$ .  
10 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 se componen entonces de óxido de silicio y se extienden en todo el espesor de la capa epitaxial 3.

15 La Figura 5 representa un dispositivo semiconductor de acuerdo con el cuarto aspecto del invento, que comprende un cuerpo semiconductor 40 que tiene un transistor con una zona 44 de emisor de tipo n, una zona 45 de base de tipo p y una zona 46 de colector de tipo n. Están presentes medios ópticos 8, por ejemplo, en la forma de una lámpara de incandescencia, para polarizar la unión 55 emisor base al menos transitoriamente en sentido directo por radiación óptica. Además, está presente una fuente de alimentación para polarizar la zona 46 de colector en el estado de absorción de porta  
20  
25

400926



dores. Esta fuente de alimentación no está representada en 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 transistor  $T_1$ .

5 De acuerdo con el cuarto aspecto del invento, la zona 44 de emisor de tipo n comprende dos subzonas 47 y 48 adyacentes de tipo n, de las cuales 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 47 y constituye la unión 46 emisor base con la zona de base de tipo p.

10 El dispositivo semiconductor representado en la Figura 5 puede ser utilizado en la disposición de circuito representada en la Figura 2.

15 Puesto que la zona 44 de emisor comprende 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 alrededores de la unión 55 emisor base constituida por la subzona 48 es prolongada y por lo tanto la generación de una corriente fotoeléctrica a través de dicha 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 de alta resistividad no sea extremadamente gruesa. Para una buena eficiencia de emisor, el espesor

400926



de dicha subzona debe ser más pequeño que la longitud de difusión de los portadores de carga minoritarios en dicha subzona. Con los materiales semiconductores de alta calidad utilizados actualmente, por ejemplo el silicio, la longitud de difusión es de muchas decenas de  $\mu\text{m}$  y el espesor de la subzona 48 bajo la subzona 47 está comprendido preferiblemente entre  $0,1 \mu\text{m}$  y  $50 \mu\text{m}$ .

El dispositivo semiconductor representado en la Figura 5 puede ser fabricado por medio de métodos convencionales de semiconductores. El material de partida es un sustrato 41 de silicio de tipo  $n$  sobre el cual se dispone una capa 42 epitaxial de silicio de tipo  $p$ . Se dispone una capa 43 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

400926



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.

5 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 re-  
presentado en la Figura 6. En las Figuras 4 y 6, los componentes correspondientes son designados por las mismas  
10 cifras de referencia.

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  
15 na 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  
20 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 li-  
25 mitada, en direcciones paralelas a la superficie princi

400926

27 JUN 1964



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

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  $T_1$ .

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.



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

5 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 1. 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. La 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.

20 En la presente realización, las zonas 13, 23 y 33 de base están limitadas en direcciones paralelas a

400926'

27



la superficie principal 6, por las regiones 4 de tipo  $n^+$ , en las cuales, solamente con la 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 resultado 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 capa 3 epitaxial, son del mismo tipo de conductividad que la zona 12 de emisor común, pertenecen a la otra subzona 12a de tipo  $n^+$  de dicha zona 12 de emisor y tienen una concentración de impurezas más alta que la de las zonas 13, 23 y 33 de base, como resultado de lo cual pueden suprimir las acciones de transistor parásito entre dichas zonas de base.

Las regiones 4 de tipo  $n^+$  pueden ser sustituidas por regiones de un material aislante, por ejemplo óxido de silicio, que se extiende en todo el espesor de la capa 3 epitaxial. Cuando el cuerpo semiconductor 1 es de silicio, dichas regiones aislantes de óxido de silicio pueden ser obtenidas, por ejemplo, por oxidación local del cuerpo de silicio al tiempo que se utiliza una máscara de oxidación de nitruro de silicio.

400926

27 JUL 1972



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

El material de partida es un substrato 2 de silicio de tipo  $n^+$  que tiene una resistividad de aproximadamente 0,01 ohm.cm y un espesor de aproximadamente 250  $\mu$ 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  $p$ . 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  $\mu$ m. Por difusión de boro se forma entonces la capa 3a de superficie de tipo  $p$  en un espesor de 3  $\mu$ 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 una difusión de fósforo, se disponen las zonas 14, 24 y 34 de colector en un espesor de 2,5  $\mu$ 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 tipo  $n$  es así de aproximadamente 3  $\mu$ m. Por un procedimiento 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

5 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

10  $\mu\text{m} \times 20 \mu\text{m}$  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

15 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

20 caso, las regiones 4 de tipo  $n^+$  están situadas a alguna distancia 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

25 sustituidas por regiones de material aislante.



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.

Un dispositivo semiconductor representado en la Figura 6 que comprende un cuerpo semiconductor 1 que tiene un transistor  $T_1$  con una zona de colector 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, vista sobre dicha cara (sobre la superficie principal 6) está situada al menos bajo la zona 14 de colector y que constituye la unión 19 emisor

400926

27



base con la zona 13 de base, en el cual están presentes medios ópticos 8 para polarizar la unión 19 base emisor al menos transitoriamente en sentido directo por radiación óptica, y con una fuente de alimentación (constituida 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 quinto aspecto del invento, una unión 18 colector base la cual, cuando se ve sobre dicha cara (superficie principal 6), tiene una extensión lateral considerablemente menor que la unión 19 emisor base, como resultado de lo cual la corriente fotoeléctrica 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 corriente a través de la unión 18 colector base en el caso de un cortocircuito externo a través de dicha unión.

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 colec  
tor y así apantallar la unión 18 colector base sustancial  
mente en su integridad.

5 También se verifica para los transistores  $T_2$   
y  $T_3$  que la extensión lateral de las uniones 18 y 38 co-  
lector base es considerablemente menor que la de las unio-  
nes 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  
10 las uniones 28 y 38 colector base.

Puede aún obtenerse una mejora adicional uti-  
lizando, en vez de zonas de colector que comprenden una  
zona de tipo  $n^+$ ; zonas de colector que están constitu-  
das por una capa de contenido metálico que está dispues-  
ta sobre las zonas de base y forman una unión Schottky  
15 con las mismas. Esto se representa en la Figura 8 para  
el transistor  $T_1$ . La capa 63 de contenido metálico cons-  
tituye la unión 74 Schottky, es decir la unión 64 colec-  
tor base, con la zona 13 de base. Una unión Schottky es  
20 poco sensible a la luz y tiene la ventaja adicional de  
que se aumenta la velocidad de respuesta del circuito.

Las zonas 14, 24 y 34 de colector en la Figu-  
ra 6 tienen una concentración de impurezas más alta, co-  
mo resultado de lo cual los portadores de carga libres  
25 generados en dichas zonas por la radiación se recombi-

400926

27



narán en una parte considerable antes de que puedan contribuir a la corriente fotoeléctrica a través de las uniones 18, 28 y 38 colector base.

5 Las zonas 13, 23 y 33 de base son zonas de difusión que tienen una concentración de impurezas que disminuye según direcciones hacia las 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 principal-  
10 mente no hacia las uniones colector base sino hacia las uniones emisor base.

Mediante una elección adecuada de los espesores y concentraciones de impurezas de las diversas zonas, puede ejercerse una influencia adicional sobre  
15 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 10 en el cuerpo semiconductor 1. Además, las uniones 19, 29  
20 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  
25 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 principal y está situada junto a la zona de base. Esto está representado en la Figura 9 para el transistor  $T_1$ . El transistor  $T_1$  tiene una zona 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 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  $\mu\text{m}$ . La fuente 8 de radiación puede ser cual-

400926

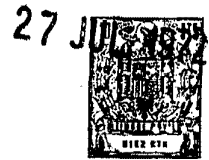
27 JUN 1964



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

10 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  
15 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  
20 cuerpo semiconductor 1.

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



a la superficie principal 6.

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 densidad de relleno particularmente alta de los elementos activos, los transistores utilizados tienen un emisor común de modo que no son necesarias pistas de conexión mutua, los colectores por el contrario se separan automáticamente entre sí, las resistencias pueden ser omitidas completamente, lo que significa una ganancia de espacio muy grande, el espacio situado entre las regiones 4, que separan las zonas de base, está completamente relleno de elementos activos, las capas enterradas resultan superfluas, y puede ser omitido el cableado necesario para proporcionar tensiones de alimentación. Una ventaja particular durante el funcionamiento, es que todas las corrientes varían de la misma manera con la intensidad de la luz incidente de modo que la sensibilidad a perturbaciones de la disposición de circuito es muy pequeña. Difícilmente ha de temerse la irradiación excesiva por una intensidad de luz demasiado grande (siempre que la ele

400926



vación de temperatura que tenga lugar como resultado de ello no sea exorbitantemente alta), puesto que las tensiones producidas aumentan solamente con el logaritmo de la energía radiante incidente, de modo que la disposición de circuito proporciona automáticamente un cierto límite 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  $\beta$  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  $\beta$  de amplificación de corriente colector base correspondiente a otro colector, como por ejemplo 14b, variará con la mencio-



27 JUL 1972

nada resistencia controlable.

Se ha encontrado en la práctica que es posible obtener un factor  $\beta$  de amplificación de un valor 10 sin dificultad para un transistor invertido de acuerdo con el invento. Esto es suficiente para la mayoría de los fines.

Cuando se disponen varias zonas 14a, 14b y 14c de colector independientes (véase la Figura 10) se encuentra sorprendentemente que  $\beta$  aumenta más que proporcionalmente con el número de zonas de colector. Por ejemplo, cuando una zona de colector proporciona un valor  $\beta$  de 10, en que las zonas de colector restantes permanecen a una tensión flotante, se consigue una  $\beta$  de aproximadamente 25 utilizando dos de tales zonas, se consigue una  $\beta$  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. 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.

400926

27 JUN 1972



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



se del transistor  $T_5$  y la fuente  $I_4$  de corriente se obtiene por exposición a radiación de la unión  $76$  colector base del transistor  $T_4$ .

5                   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  
10                   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  
15                   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  
20                   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  
25                   conducción intensa. Sin embargo, el dispositivo puede

400926



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 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, 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 intermedio 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, por intermedio de dicho circuito transmisor de corriente continua se tendrá otra vez disponible solamente una corriente de base para cada uno de los transistores, tal que dichos transistores están trabajando 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 contralable (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 automáticamente.

La disposición de circuito representada en la Figura 2 puede ser ampliada en su aplicación a un

400926

27 JUL 1972



5 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.

10 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 antirrefletores 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 de tipo  $n^+$  (véase la 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 disponer

15

20

25



1972

se 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 conducti

5 vidad. 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<sub>v</sub> y capas aislantes de nitruro de silicio.

10 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

15 T<sub>1</sub> y sus alrededores. Las regiones 4 están compuestas de las regiones secundarias 4a aislantes y las regiones secundarias 4b de tipo n<sup>+</sup>. 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

20 de base. Estas regiones secundarias pueden obtenerse por oxidación 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<sup>+</sup> pueden obtenerse por un procedimiento

25 usual en la forma de capas enterradas. Pueden combi-

400926

27 J



narse 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 seguidor 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

400926



1972

son necesarias entonces pistas conductivas adicionales dentro del circuito integrado para suministrar dicha tensión de alimentación).

5 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 también en circuitos diferentes a los descritos y que comprenden una unión p-n a ser polarizada en sentido directo.

10

La presente solicitud, que corresponde a las presentadas en Holanda, el 20 de Marzo de 1971, bajo el Nº 71 03772 y el 18 de Junio de 1971, bajo el Nº 71 08373, se acoge a los beneficios del Artículo 15 10 51 del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial

REIVINDICACIONES

20

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,

25

1-7-72

400926

13 J



son los siguientes:

5 1ª.- Perfeccionamientos introducidos en circuitos que tienen al menos un elemento de circuito que es activado por medio de radiación, caracterizados porque dichos circuitos comprenden un primer y segundo transistor que están dispuestos en cascada y porque la corriente principal del primer transistor es suministrada al menos principalmente por exposición de la unión base emisor del segundo transistor a radiación.

10 2ª.- Perfeccionamientos de acuerdo con la reivindicación 1ª, caracterizados porque los emisores del primer y del segundo transistor están construidos como zona coherente de un tipo de conductividad en un elemento semiconductor, en cuya zona se encuentran zonas de base separadas del tipo de conductividad o puesta, dentro de las cuales están incorporadas las uniones base colector del primero y segundo transistores.

15 3ª.- Perfeccionamientos de acuerdo con la reivindicación 2ª, caracterizados porque están dispuestos varios colectores dentro de una zona de base.

20 4ª.- Perfeccionamientos de acuerdo con la reivindicación 3ª, caracterizados porque la amplificación de señal por medio de un colector es controlada por consumo controlable de corriente de otro colector (figura 10).

25

*Handwritten signature or initials.*

400926

13



5 5ª.- Perfeccionamientos de acuerdo con la reivindicación 2ª, caracterizados porque junto a la zona de base de un transistor está dispuesta otra zona del mismo tipo de conductividad que constituye un transistor lateral con la zona de emisor y con la mencionada zona de base de dicho transistor (figura 11).

10 6ª.- Perfeccionamientos de acuerdo con la reivindicación 5ª, caracterizados porque la zona adicional (C4) está eléctricamente conectada al colector (C) de dicho transistor (figura 11,12).

15 7ª.- Perfeccionamientos de acuerdo con la reivindicación 1ª ó la reivindicación 2ª, según los cuales dichos circuitos comprenden la disposición en cascada con acoplamiento en corriente continua de varios transistores, de los cuales el último está conectada al primer transistor de la disposición en cascada por intermedio de un circuito transmisor de realimentación negativa en corriente continua que comprende la carga, caracterizados porque la unión base emisor del primer transistor tiene un área mayor que las de los transistores subsiguientes (figura 13).

25 8ª.- Perfeccionamientos introducidos en circuitos que tienen un elemento de circuito que es hecho funcionar en cualquiera de los estados de conducción o de fuera de conducción y sirve como conmutador elec-

*Rey*

400926



13 JUL 1971

trónico, caracterizados porque la corriente principal para el conmutador es suministrada por una unión rectificadora en paralelo con el circuito de corriente principal del conmutador, cuya unión está expuesta a radiación, haciéndose funcionar consecuentemente dicha unión cerca del valor de corriente de cortocircuito o bien del valor de corriente 0 de su característica corriente tensión generada por la radiación de acuerdo con el hecho de que el conmutador esté en su estado de conducción o en su estado de corte, siendo suministrada la tensión así generada a través de la unión rectificadora para fines de control a un elemento adicional de circuito que sirve como conmutador electrónico.

9ª.- Perfeccionamientos de acuerdo con la reivindicación 8ª, caracterizados porque los elementos de circuito que sirven como conmutadores electrónicos son transistores bipolares.

10ª.- Perfeccionamientos de acuerdo con la reivindicación 8ª ó la reivindicación 9ª, caracterizados porque la unión rectificadora forma parte del elemento de circuito que sirve como conmutador electrónico adicional.

11ª.- Perfeccionamientos de acuerdo con la reivindicación 10ª, caracterizados porque la unión rectificadora está constituida por la unión base emisor del

Rg

400926

13 JUL



transistor bipolar que sirve como conmutador electrónico adicional.

5 12ª.- Perfeccionamientos introducidos en circuitos que tienen al menos un elemento de circuito que es activado por medio de radiación,

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

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

Madrid, 13 JUL. 1974

P.A.

Antonio de Ezodufo  
*[Signature]*

11-7-74

Cab/

400926

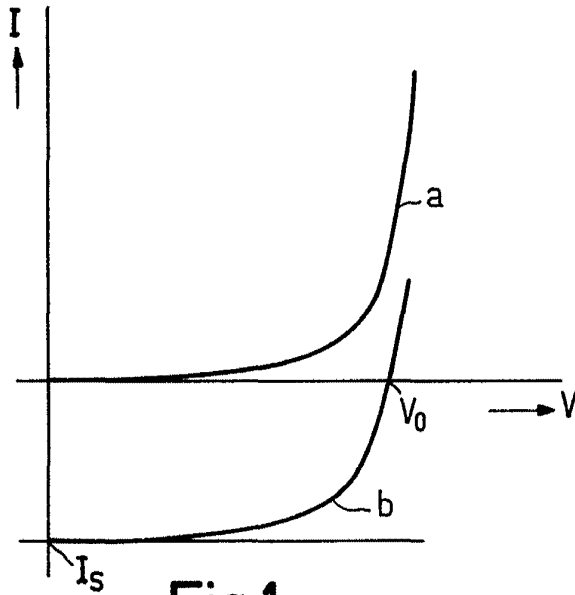
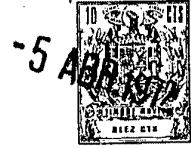


Fig.1

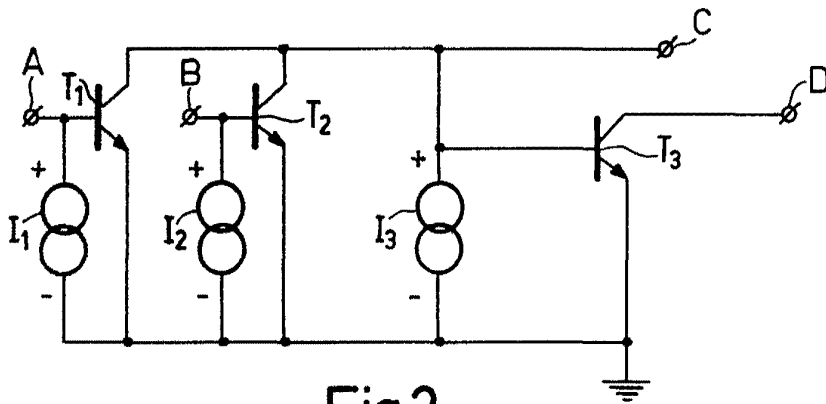


Fig.2

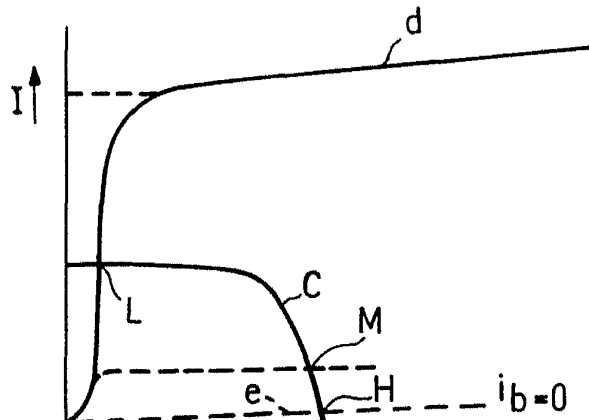


Fig.3

Alberto...  
For For...

400926

5 APR 1958

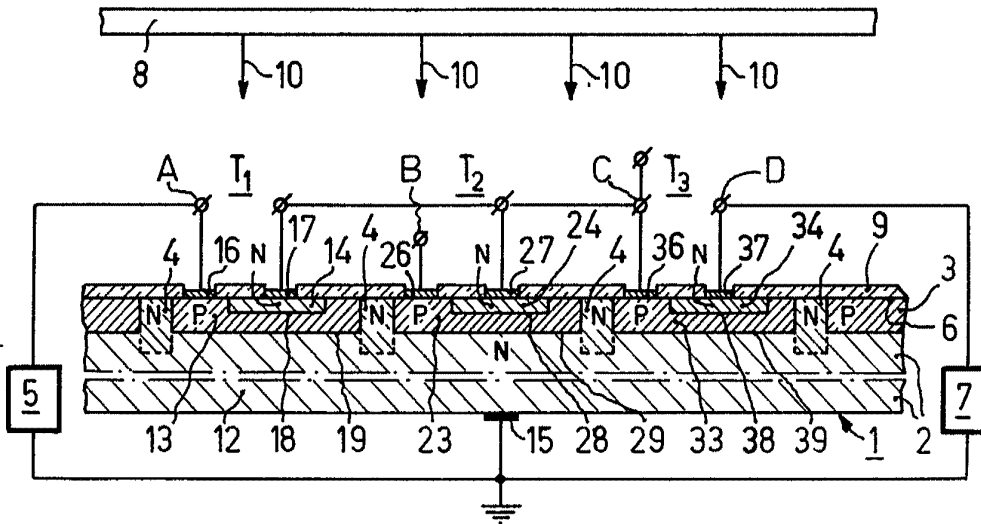


Fig. 4

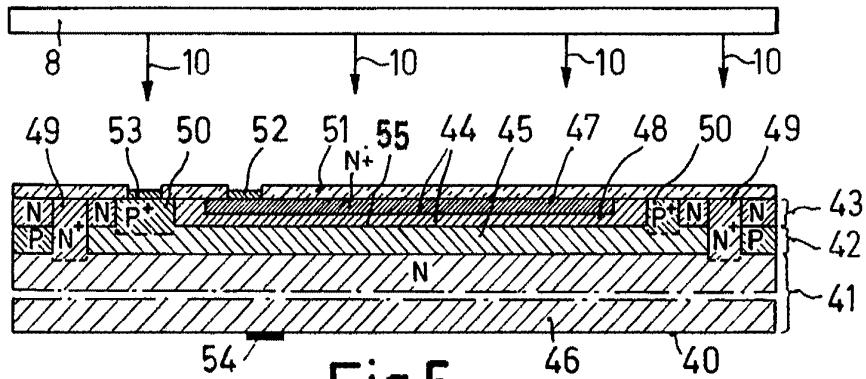


Fig. 5

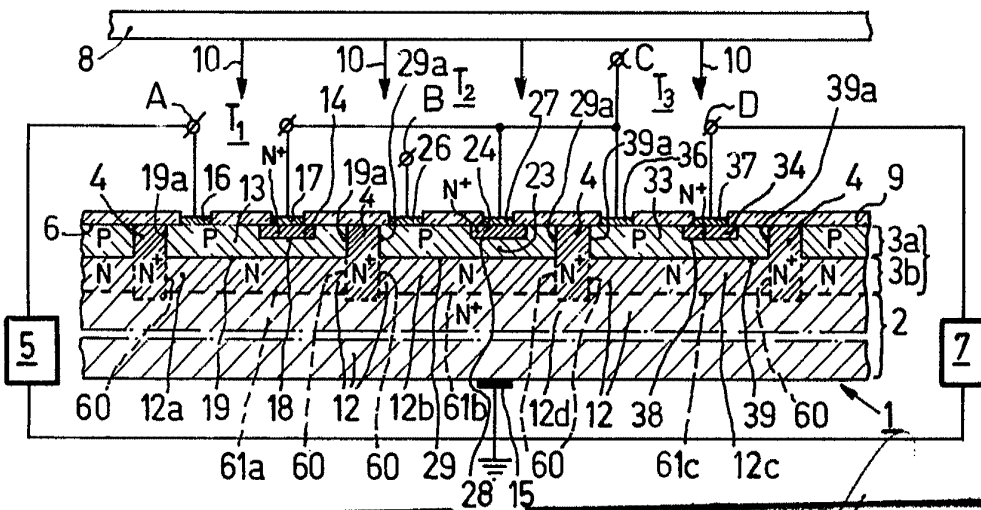


Fig. 6

Address and name of the applicant for the patent

400926

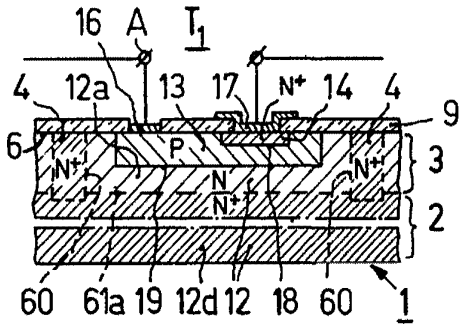


Fig.7

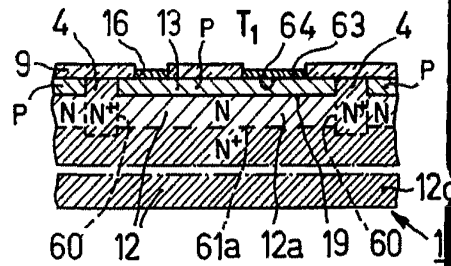


Fig.8

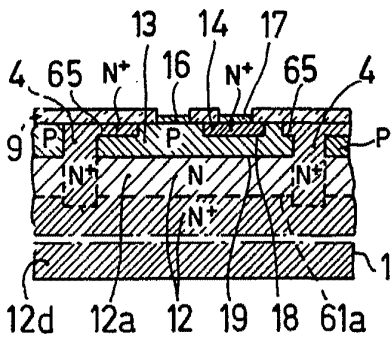


Fig.9

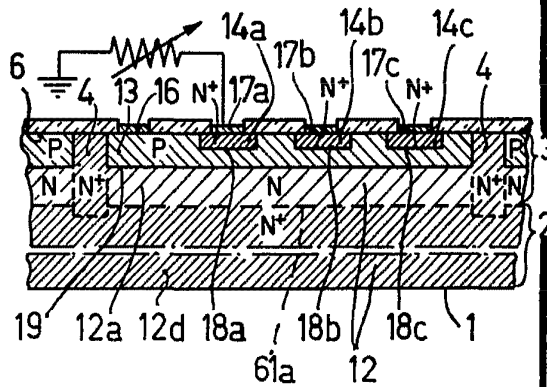


Fig.10

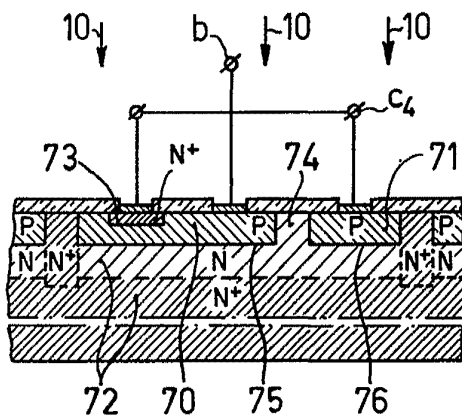


Fig.11

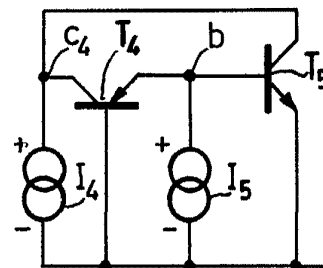


Fig.12

400926

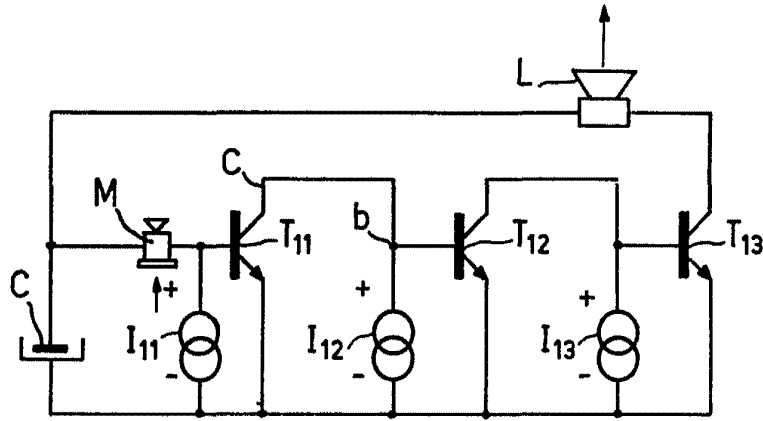


Fig.13

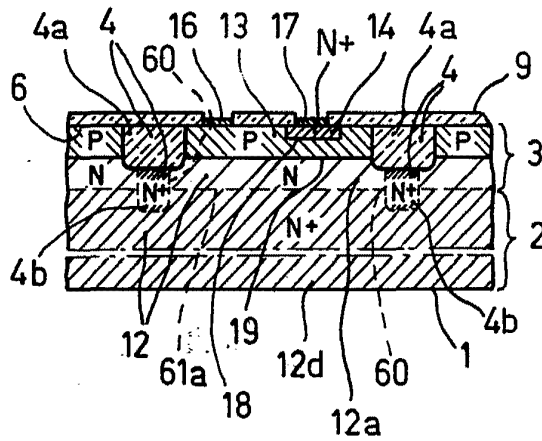


Fig.14

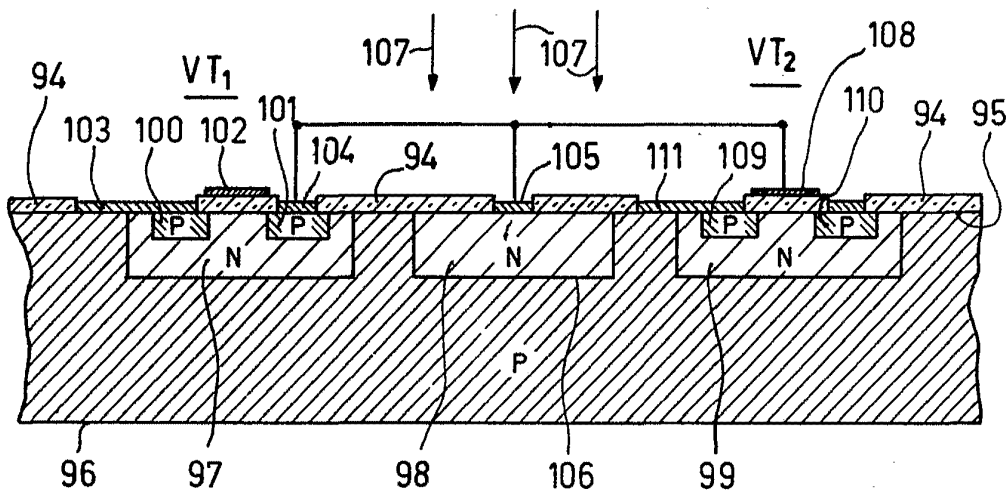


Fig.15

*Handwritten signature or mark at the bottom right of the page.*