

10 FEB. 1965 309186

P - 28.374

PHN. 76



MEMORIA DESCRIPTIVA
para solicitar
PATENTE DE INVENCION
e n
E S P A Ñ A
por VEINTE años

a nombre de N.V. PHILIPS'GLOEILAMPENFABRIEKEN, entidad holandesa, establecida en Emmasingel, 29, Eindhoven, Holanda, por:

"UN DISPOSITIVO DE CIRCUITO OPTOELECTRONICO".

=====

5 El invento se refiere a un elemento de circuito optoelectrónico que comprende una combinación de estructura constructiva de un cuerpo semiconductor fotosensible conectado a la salida eléctrica del elemento de circuito y una fuente de radiación que está acoplada ópticamente a dicho cuerpo semiconductor y está conectada a la entrada eléctrica del elemento de circuito.

10 Los dispositivos conocidos de esta clase tienen en muchos casos una fuente de radiación en forma de una fuente de radiación de inyección y recombinación, en que



5 tanto el cuerpo semiconductor de esa fuente de radiación
de inyección y recombinación como el cuerpo semiconduc-
tor fotosensible forman parte de un cuerpo semiconductor
común. Frecuentemente el cuerpo semiconductor fotosensi-
ble contiene una unión p-n y el elemento de circuito op-
toelectrónico tiene una estructura similar a la de un
transistor y por consiguiente se designa como un "tran-
sistor optoelectrónico". Un transistor optoelectrónico
10 tiene una unión p-n radiante que está polarizada en la
dirección hacia adelante y una unión p-n fotosensible
colectora que está dispuesta para ser polarizada en la
dirección inversa.

15 Una ventaja de estos dispositivos es que el es-
pesor de la capa semiconductor entre las dos uniones p-n
(región de base) no es muy crítico ya que en esa región
no están afectados portadores de minoría de difusión si-
no fotones que circulan a la velocidad de la luz.

20 Una señal de entrada eléctrica es aplicada a la
fuente de radiación, convertida por esa fuente en una se-
ñal óptica y aplicada al cuerpo semiconductor fotosensi-
ble, donde la señal óptica es convertida nuevamente en
una señal de salida eléctrica.

25 En los transistores optoelectrónicos conocidos
se obtiene frecuentemente radiación de recombinación en
la fuente de radiación de inyección y recombinación, por
recombinación de electrones con hoyos por medio de un ni-
vel intermedio presente en la banda prohibida. Generalmen-
te solamente una de las fases de transición implicadas,
a saber las fases desde la banda de conducción al nivel
30 intermedio y desde el nivel intermedio a la banda de va-

3 091 86



5 lencia es una fase radiante. En este caso, la energía
cuántica de la radiación de recombinación es menor que
la anchura de la banda prohibida y existe escasa autoab-
sorción en el material semiconductor entre el área en que
es producida la radiación por recombinación y el cuerpo
semiconductor fotosensible, En este material puede no
existir el nivel intermedio o puede, al menos, estar pre-
sente en un grado menor debido a la ausencia sustancial
de la impureza que da lugar al nivel intermedio.

10 Se conocen transistores optoelectrónicos en
que el cuerpo semiconductor fotosensible consiste en el
mismo material semiconductor que la fuente de radiación
de inyección y recombinación o en un material semiconduc-
tor que tiene una anchura de la banda prohibida mayor
15 que la del material semiconductor de la fuente de radia-
ción. En estos casos el cuerpo semiconductor fotosensi-
ble debe tener un nivel intermedio en la banda prohibi-
da para permitir la generación de pares de electrón y
hoyo en dos fases de transición por medio del nivel in-
20 termedio. Aunque en algunos casos una de las fases de
transición puede ser producida por energía térmica, en
numerosos casos ambas fases de transición han de ser pro-
ducidas por medios ópticos. Ello significa que con obje-
to de crear un par de electrón y hoyo se requieran dos
25 cuantos de radiación que han de ser suministrados ambos
por la fuente de radiación a la cual son aplicadas las
señales de entrada.

30 En general, el nivel intermedio no está situa-
do en el centro de la banda prohibida y por consiguiente
las dos fases de transición son de tamaños diferentes,



mientras que la radiación de recombinación se corresponde principalmente con la energía requerida para la fase de transición mayor o es ligeramente superior a ésta, cuya energía es frecuentemente superior materialmente a la energía requerida para la fase de transición menor. Esta última propiedad hace en muchos casos que sea relativamente improbable la existencia de la fase de transición menor, de manera que el rendimiento del proceso de generación de pares de electrón y hoyo resulta afectado perjudicialmente.

Para el cuerpo semiconductor fotosensible ha sido ya propuesto un material semiconductor en que la anchura de la banda prohibida es como máximo igual a la energía correspondiente a, por lo menos, una parte importante de la radiación de recombinación. En este caso la creación de un par de electrón y hoyo en el cuerpo semiconductor fotosensible tan solo exige en principio un cuanto de radiación suministrado por la fuente de radiación controlada, sin embargo, puesto que son posibles transiciones de banda a banda la elección del material está restringida a materiales semiconductores predeterminados.

Un objeto del presente invento es proporcionar un tipo totalmente nuevo de elementos de circuito optoelectrónico que proporciona posibilidades más amplias de circuito y proporciona además en numerosos casos otras ventajas importantes sobre los elementos de circuito optoelectrónicos conocidos.

Un elemento de circuito optoelectrónico que comprende una combinación de estructura constructiva de

3 0 9 1 8 6

10



un cuerpo semiconductor fotosensible al cual está co-
nectada la salida eléctrica del elemento de circuito y
una fuente de radiación que está acoplada a ese cuerpo
semiconductor y a la cual está conectada la entrada
5 eléctrica del elemento de circuito, se caracteriza, de
acuerdo con el invento, por que la combinación de es-
tructura constructiva comprende una segunda fuente de
radiación a la cual está conectada una segunda entrada
eléctrica y por medio de la cual puede ser influido óp-
10 ticamente el efecto óptico de la primera fuente de ra-
diación sobre el cuerpo semiconductor fotosensible. Las
fuentes de radiación son preferiblemente fuentes de ra-
diación de inyección y recombinación. El cuerpo semicon-
ductor fotosensible puede contener ventajosamente una
15 unión p-n y ser irradiado en la proximidad de esa unión
p-n por al menos una de las fuentes de radiación.

Se apreciará que una de las consecuencias de
la segunda entrada eléctrica es una mayor amplitud de
selección de disposiciones de circuito para el elemento
20 de circuito optoelectrónico. Por ejemplo, una de las
fuentes de radiación puede ser alimentada con una co-
rriente mediante la cual es producido un efecto fotoeléct-
rico en el cuerpo semiconductor fotosensible, cuyo efec-
to fotoeléctrico puede tomar la forma de una foto co-
25 rriente y/o una fototensión y puede ser modulado por me-
dio de una señal de entrada eléctrica la cual, separada-
mente de la corriente de alimentación, es aplicada a la
segunda fuente de radiación a través de la segunda en-
trada eléctrica. Además, puede obtenerse el mezclado de
30 señales de entrada aplicando señales eléctricas a ambas



3 0 9 1 8 6

fuentes de radiación.

La citada influencia óptica puede ser efectuada, por ejemplo, acoplando ópticamente ambas fuentes de radiación al cuerpo semiconductor fotosensible, siendo estimulado el efecto óptico de la radiación de una de las fuentes de radiación sobre el cuerpo semiconductor fotosensible mediante la radiación de la otra fuente de radiación.

Una realización importante de un elemento de - circuito optoelectrónico de acuerdo con el invento está caracterizada por que ambas fuentes de radiación están - acopladas ópticamente al cuerpo semiconductor fotosensible el cual tiene una banda prohibida en que hay presente un nivel de energía intermedio lo que resulta en que pueden ser llevados electrones desde la banda de valencia - a la banda de conducción por medios ópticos en dos fases de transición por medio del nivel de energía intermedio, emitiendo una de las fuentes de radiación una radiación - una parte importante de la cual es tan solo capaz de producir la fase de transición menor y emitiendo la otra fuente de radiación una radiación una parte importante de la - cual, es capaz de producir la fase de transición mayor.

A este respecto es de hacer notar lo siguiente.

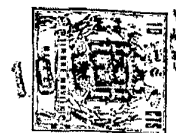
Si se considera una de las fuentes de radiación - como una fuente de radiación auxiliar y solamente se suministra una corriente de alimentación a esa fuente de radiación mientras que las señales de entrada eléctrica son aplicadas a la otra fuente de radiación, la creación de un par de electrón y hoyo en el cuerpo semiconductor fotosensible solamente exige en principio un cuando de radiación procedente de la última fuente de radiación controla-

3 0 9 1 8 6



5 da para producir una de las fases de transición, ya que -
el segundo cuanto requerido para producir la segunda fase
de radiación puede ser suministrado por la fuente de ra-
diación auxiliar. En esto difiere de los elementos de -
circuito optoelectrónico conocidos antes mencionados de
la clase en que son creados pares de electrón y hoyo en -
el cuerpo semiconductor fotosensible por medio de un ni-
vel intermedio y en que la creación de cada par de elec-
trón y hoyo requiere dos cuantos de radiación procedentes
10 de la fuente de radiación a la cual son suministradas las
señales de entrada. Además, el invento proporciona una -
nueva posibilidad de un control sencillo ya que la magnitud
de la corriente de suministro alimentada a la fuente de -
radiación auxiliar es ajustable a voluntad.

15 Se produce además radiación que corresponde prin-
cipalmente a energías suficientes para dar lugar a la fase
de transición mayor y radiación capaz tan solo de dar lu-
gar a la fase de transición menor, de modo que la probabi-
lidad de la creación de pares de electrón y hoyo es gene-
ralmente mayor que en los casos de transistores conocidos
20 optoelectrónicos en que para la creación de pares de elec-
trón y hoyo por medio de un nivel intermedio en la banda -
prohibida del cuerpo semiconductor fotosensible hay sola-
mente radiación que corresponde a energías que son al me-
nos iguales a la energía requerida para la fase de transi-
ción mayor. En experimentos realizados en relación con el
invento se ha comprobado lo siguiente, especialmente en -
un cuerpo semiconductor fotosensible hecho de fosfuro de
galio activado con cinc y oxígeno. La fotoconducción o -
25 bien, caso de que haya una unión p-n en el cuerpo semicon-
30



ductor fotosensible, la fototensión y/o la fotocorriente
producidas en el cuerpo semiconductor fotosensible por -
irradiación con radiación capaz de dar lugar a la fase -
de transición mayor y por consiguiente en principio tam-
5 bién a la fase de transición menor, aumenta considerable-
mente si el cuerpo semiconductor fotosensible es también
irradiado con radiación capaz tan solo de dar lugar a la
fase de transición menor. En un cuerpo semiconductor fo-
tosensible de fosfuro de galio activado con cinc y oxígeno
10 no se ha obtenido un aumento consistente en una multipli-
cación por un coeficiente de aproximadamente 3 y por con-
siguiente puede usarse ventajosamente un cuerpo semicon-
ductor fotosensible de fosfuro de galio que, al menos en
el área en que es principalmente absorbida la radiación,
15 está activado con cinc y oxígeno. También puede usarse -
con ventaja un cuerpo semiconductor fotosensible de fosfu-
ro de aluminio.

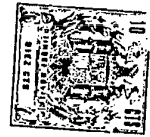
Además, especialmente cuando se aplican señales
de entrada eléctrica a la fuente de radiación que emite -
20 la radiación capaz solamente de dar lugar a la fase de -
transición menor, en el cuerpo semiconductor fotosensible
es controlado un efecto fotoeléctrico por medio de radia-
ción cuya energía cuántica es considerablemente inferior
a la anchura de la banda prohibida en el cuerpo semicon-
ductor fotosensible. Ello contrasta especialmente con -
25 los transistores conocidos optoelectrónicos antes mencio-
nados en que el cuerpo semiconductor fotosensible se crean
pares de electrón y hoyo por transiciones de banda a banda
y en que la energía cuántica de la radiación influida por
30 las señales de control debe ser al menos igual a la anchu-

3 0 9 1 8 6



ra de la banda prohibida. El uso de cuantos de radiación que son energéticamente pequeños con respecto a la anchura de la banda prohibida en el cuerpo semiconductor fotosensible permite una mayor ganancia de energía.

5 Puede afirmarse en general que un elemento de -
circuito optoelectrónico de acuerdo con el invento capa-
cita a las señales de control para ser convertidas en -
cuantos de radiación energéticamente pequeños y controlar
10 por medio de esos pequeños cuantos de radiación un efecto
fotoeléctrico en un cuerpo semiconductor fotosensible -
que tiene un mayor espaciamentode banda, es decir, un -
espaciamiento de banda materialmente superior al corres-
pondiente a la energía de dichos cuantos de radiación. -
De las consiguientes ventajas son importantes las dos si-
15 guientes. En primer lugar, desde el punto de vista de la
energía las señales de control pueden ser convertidas ven-
tajosamente en radiación, ya que solamente se requieren -
cuantos de radiación energéticamente pequeños, mientras -
que en segundo lugar pueden derivarse no obstante grandes
20 potencias de salida ya que el cuerpo semiconductor fotosen-
sible puede tener una mayor anchura de la banda prohibida,
pues en un cuerpo semiconductor fotosensible uno de los -
factores que determina el valor de la potencia que puede
derivarse es la anchura de la banda prohibida del cuerpo
25 semiconductor fotosensible. Estas ventajas pueden utili-
zarse de un modo especialmente completo en una realización
preferida de un elemento de circuito optoelectrónico de -
acuerdo con el invento, que está caracterizado por que al
menos una de las fuentes de radiación, que está destinada
30 a recibir señales de entrada, es una fuente de radiación



de inyección y recombinación que comprende un cuerpo semiconductor en que la anchura de la banda prohibida es menor que la del cuerpo semiconductor fotosensible.

5 El uso de dos clases de radiación puede permitir una mayor amplitud de elección de los materiales a ser usados para el cuerpo semiconductor fotosensible. - Así, por ejemplo, un material semiconductor que debido a una impureza presente tiene un nivel intermedio en la -
10 banda prohibida puede ser escasamente adecuados para producir en él un efecto fotoeléctrico llevando electrones - en dos fases desde la banda de valencia a la banda de - conducción por medio del nivel intermedio únicamente por medios de radiación capaces de dar lugar a la fase de -
15 transición mayor, mientras que ese material puede sin embargo ser muy adecuado para producir un efecto fotoeléctrico de la manera anteriormente descrita con ayuda de las dos clases de radiación.

El nivel de energía intermedio está preferiblemente espaciado a una distancia al menos igual a 0,1 electrónvoltios de la banda de valencia y de la banda de conducción. Ello impide que se produzcan transiciones térmicas no convenientes de electrones desde la banda de valencia al nivel intermedio o desde el nivel intermedio a la banda de conducción, a la temperatura ambiente.

25 Cuando el cuerpo semiconductor fotosensible consiste en fosfuro de galio que, al menos localmente, está - activado con cinc y oxígeno, la fuente de radiación que - emite la radiación capaz de dar lugar a la fase de transición mayor puede ser ventajosamente una fuente de radiación
30 de inyección y recombinación que comprende un cuerpo

3 091 86



5 semiconductor que incluye una unión p-n y consiste en -
fosfuro de galio que, al menos en las proximidades de -
la unión p-n, está cargado con cinc y oxígeno. La fuente
de radiación que emite radiación de la cual una parte -
importante es tan solo capaz de dar lugar a la fase de -
transición menor puede ser ventajosamente una fuente de
radiación de inyección y recombinación que comprende un
cuerpo semiconductor de arseniuro de galio o de fosfuro
de indio. Es de hacer notar que la expresión "en las pro-
10 ximidades de la unión p-n" ha de entenderse en el senti-
do de incluir "al menos a un lado de la unión p-n".

Si ambas fuentes de radiación están acopladas -
ópticamente al cuerpo semiconductor fotosensible, el efec-
to óptico usado en el cuerpo semiconductor fotosensible -
por una de las fuentes de radiación puede ser influido -
15 por la otra fuente de radiación de tal manera que sea -
disminuido. A este respecto estamos aludiendo a la reduc-
ción ("amortiguamiento") ("quenching") de la fotoconduc-
ción. Por consiguiente, otra realización importante de un
elemento de circuito optoelectrónico de acuerdo con el in-
20 vento está caracterizada por que las dos fuentes de radia-
ción están acopladas ópticamente al cuerpo semiconductor -
fotosensible, emitiendo una de las fuentes de radiación -
una radiación de la cual una parte importante es capaz -
de generar portadores de cargas libres en el cuerpo semi-
25 conductor fotosensible, mientras que la otra fuente de -
radiación emite radiación de la cual una parte importante
es capaz de disminuir la vida de los portadores de cargas
libres en el cuerpo semiconductor fotosensible.

30 El cuerpo semiconductor fotosensible incluye -
preferiblemente una unión p-n y consiste, al menos a un

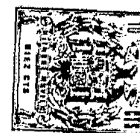


lado de la unión p-n, en un material semiconductor en que pueden ser generadas por una fuente de radiación portadores de cargas libres, incluidos portadores de minoría, mientras que la vida de los portadores de minoría, libres presentes en el material semiconductor puede ser disminuida por medio de radiación que tiene una longitud de onda mayor que la radiación que generan los portadores de cargas libres, emitiendo la otra fuente de radiación una radiación consistente, al menos en una parte importante, en radiación capaz de disminuir la vida de los portadores de minoría libres.

La disminución de una fotocorriente producida en un cuerpo semiconductor que incluye una unión p-n por medio de radiación, no ha sido establecida anteriormente. El invento está basado, entre otros factores, en el reconocimiento del hecho de que en numerosos materiales semiconductores en que puede ser disminuida la fotoconducción por medio de radiación, la vida de los portadores de minoría libres no es disminuida por esa reducción de la fotoconducción. No obstante, la fotocorriente producida en un cuerpo semiconductor que incluye una unión p-n es en gran medida dependiente de la vida de los portadores de minoría libres, y para reducir una fotocorriente en un cuerpo semiconductor que incluye una unión p-n debe usarse un material semiconductor en que la vida de los portadores de minoría libres puede ser disminuida por medio de radiación.

Una realización afortunada está caracterizada por que el cuerpo semiconductor fotosensible consiste en fosfuro de galio, mientras que al menos en la parte de

3 091 86



tipo p del cuerpo semiconductor fotosensible contigua
a la unión p-n pueden ser generados portadores de cargas
libres, incluidos portadores de minoría (electrones),
por una fuente de radiación, conteniendo esa parte de ti-
5 po n un nivel aceptador obtenido mediante activación con
cobre y mediante irradiación por la otra fuente de radia-
ción con radiación que al menos en una parte importante
consiste en radiación que tiene una energía cuántica que
es al menos igual espaciamiento entre el nivel aceptador
10 y la banda de valencia, cuyo espaciamiento es de aproxi-
madamente 0,57 electrónvoltios. En esta realización, la
fotocorriente producida por medio de una fuente de radia-
ción puede ser disminuida a una milésima parte de su va-
lor inicial por irradiación por la otra fuente de radia-
15 ción, mientras que se ha comprobado una elevada sensibi-
lidad.

La disminución de vida de los electrones (por-
tadores de minoría) en la parte de tipo p del cuerpo de
fosfuro de galio podría tener la siguiente explicación.
20 La vida de los electrones generados por una fuente de
radiación viene determinada por la recombinación de elec-
trones con hoyos por medio de transiciones de banda a ban-
da o por medio de centros de recombinación (destructores)
incorporados durante la fabricación. También es posible
25 la recombinación por medio del nivel aceptador producido
por cobre, pero, sin embargo, las transiciones por medio
de ese nivel aceptador son lentas por lo que ese nivel
aceptador no ejerce sustancialmente influencia alguna so-
bre la recombinación. El nivel de Fermi está entre el ni-
30 vel de cobre y la banda de valencia de modo que el nivel



aceptador, al menos parcialmente, no contiene electro-
nes y pueden ser llevados electrones desde la banda de
valencia a ese nivel aceptador por la otra fuente de
radiación. Sin embargo, ello aumenta la concentración
5 de hoyos en la banda de valencia, lo que promueve la re-
combinación de electrones con hoyos y disminuye la vida
de los electrones libres.

Pueden encontrarse otros materiales semicon-
ductores, distintos al fosfuro de galio activado con
10 cobre antes mencionado, en que ocurrirán fenómenos de
esta clase.

Una realización importante de un elemento de
circuito de acuerdo con el invento, que está basado en
los fenómenos antes mencionados, está caracterizada,
15 por consiguiente, por que la parte de tipo p del cuerpo
semiconductor fotosensible contigua a la unión p-n con-
siste en un material semiconductor en que por medio de
una fuente de radiación pueden ser generados portadores
de cargas libres incluidos portadores de minoría, depen-
20 diendo la vida de los portadores de minoría de la recom-
binación de electrones con hoyos, mientras que el mate-
rial semiconductor contiene además un nivel aceptador
que sustancialmente no ejerce influencia alguna sobre
esa recombinación, estando el nivel de Fermi entre ese
25 nivel aceptador y la banda de valencia, mientras que la
radiación emitida por la otra fuente de radiación con-
siste, al menos en una parte importante, en radiación
capaz de llevar electrones desde la banda de valencia
al nivel aceptador, lo que se traduce en un aumento en
30 la concentración de hoyos en la banda de valencia, que

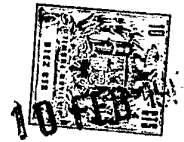


de nuevo promueve la recombinación de electrones con hoyos y disminuye la vida de los portadores de minoría (electrones).

5 Es de hacer notar que pueden encontrarse materiales semiconductores en que pueda ser disminuida la vida de los portadores de minoría por radiación incidente y en que adquieran importancia otros fenómenos distintos a los fenómenos antes mencionados.

10 Si el cuerpo semiconductor fotosensible consiste en fosfuro de galio del cual la parte de tipo p está activada con cobre, una fuente de radiación que emite radiación de la cual una parte importante es capaz de generar portadores de cargas libres en el cuerpo semiconductor fotosensible puede ser ventajosamente una fuente de
15 radiación de inyección y recombinación que comprende un cuerpo semiconductor de fosfuro de galio que incluye una unión p-n y está activado con cinc al menos en las proximidades de la unión p-n. La otra fuente de radiación, que emite radiación de la cual una parte importante es capaz de disminuir la vida de los portadores de minoría libres
20 en el cuerpo de fosfuro de galio activado con cobre fotosensible, puede ser ventajosamente una fuente de radiación de inyección y recombinación que comprende un cuerpo semiconductor de arseniuro de galio o de fosfuro de indio o un cuerpo semiconductor consistente en fosfuro
25 de galio el cual, al menos en las proximidades de la unión p-n, está activado con cinc y oxígeno.

30 En la última realización se comprueban también las mismas ventajas que las descritas con referencia a las primeras realizaciones. Es de hacer notar que una se-



ñal de entrada positiva aplicada a la otra fuente de radiación, que es capaz de disminuir el efecto fotoeléctrico obtenido por medio de la primera fuente de radiación, se traduce en una señal de salida negativa.

5 También en este caso la fuente de radiación a la cual son aplicadas señales de entrada es preferiblemente una fuente de radiación de inyección y recombinación que comprende un cuerpo semiconductor en que la anchura de la banda prohibida es menor que la del
10 cuerpo semiconductor fotosensible.

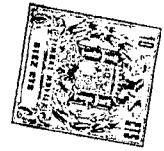
El efecto óptico obtenido en el cuerpo semiconductor fotosensible por medio de una fuente de radiación que está acoplada ópticamente a ese cuerpo, puede ser controlado por una segunda fuente de radiación de
15 un modo totalmente diferente al estudiado hasta el presente. Por medio de la segunda fuente de radiación puede ser controlada la intensidad de radiación emitida por la fuente de radiación acoplada ópticamente al cuerpo semiconductor fotosensible, antes de que esa radiación alcance al cuerpo semiconductor fotosensible. Una
20 primera posibilidad consiste, por ejemplo, en que la fuente de radiación que está acoplada ópticamente al cuerpo semiconductor fotosensible sea una fuente de radiación de inyección y recombinación, estando la segunda
25 fuente de radiación acoplada ópticamente a esta fuente de radiación de inyección y recombinación y emitiendo radiación que es capaz de o bien estimular o bien inhibir la recombinación de electrones y hoyos en la fuente de radiación de inyección y recombinación, cuya recombinación origina la emisión de radiación. Esa posibilidad
30

3 091 86



se estudia ampliamente en la solicitud número 309.134 de igual fecha.

Otra posibilidad se usa en una realización del elemento de circuito optoelectrónico de acuerdo con el invento que está caracterizada por que entre la fuente de radiación acoplada ópticamente al cuerpo semiconductor fotosensible y ese cuerpo semiconductor fotosensible está interpuesto un filtro de material semiconductor cuya transmisión para radiación de esa fuente de radiación puede ser controlada ópticamente por medio de la segunda fuente de radiación acoplada ópticamente a ese filtro. Si en ese filtro pueden ser llevados electrones por medios ópticos desde la banda de valencia a la banda de conducción en dos fases de transición, mientras que la energía cuántica de la radiación de la fuente de radiación acoplada ópticamente al cuerpo semiconductor fotosensible corresponde principalmente a la energía requerida para una de las fases de transición, por ejemplo, la absorción de esa radiación puede ser aumentada y por consiguiente puede disminuirse la transmisión de esa radiación irradiando el filtro con radiación, la energía cuántica corresponde principalmente a la energía requerida para la otra fase de transición. De esta manera, es controlable la fotoconducción tanto en el filtro como en el cuerpo semiconductor fotosensible, entrañando una fotoconducción máxima en el cuerpo semiconductor fotosensible una fotoconducción mínima en el filtro, y recíprocamente. Si el filtro y el cuerpo semiconductor fotosensible están ambos provistos de contactos de conexión, hay en princi-



pio disponible un elemento de circuito que tiene no solamente dos entradas eléctricas sino también dos salidas eléctricas.

5

Al menos dos de los componentes de un elemento de circuito de acuerdo con el invento, cuyos componentes están constituidos por las fuentes de radiación y el cuerpo semiconductor fotosensible y, en su caso, un filtro, tienen preferiblemente un cuerpo semiconductor común. Ello permite una construcción muy compacta.

10

A fin de que pueda ser fácilmente llevado a la práctica el invento, se describirán a continuación realizaciones del mismo, a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos esquemáticos que se acompañan, en los cuales:

15

La fig. 1 es un diagrama de circuito esquemático de los elementos básicos de un elemento de circuito optoelectrónico;

La fig. 2 es una vista en sección transversal esquemática de una realización de un elemento de circuito optoelectrónico de acuerdo con el invento;

20

La fig. 3 es un diagrama de energía de un cuerpo semiconductor fotosensible usado en una realización de un elemento de circuito optoelectrónico de acuerdo con el invento;

25

La fig. 4, es una vista en sección transversal esquemática de parte de otra realización de un elemento de circuito optoelectrónico de acuerdo con el invento;

La fig. 5 es un gráfico en que se ilustra la sensibilidad espectral de un cuerpo semiconductor fotosensible de fosfuro de galio activado con cinc y oxígeno;

30

La fig. 6 representa una realización de un

3 0 9 1 8 6



elemento de circuito optoelectrónico de acuerdo con el invento que comprende un solo cuerpo semiconductor;

5 La fig. 7 es una vista en sección transversal esquemática de otra realización de un elemento de circuito optoelectrónico de acuerdo con el invento.

10 La fig. 8 ilustra dos curvas que representan la fotocorriente en un cuerpo semiconductor fotosensible usado en la realización de la fig. 7 como función de la tensión entre los contactos de conexión y que son obtenidos irradiando el cuerpo semiconductor fotosensible con clases diferentes de radiación;

15 La fig. 9 es una vista en sección transversal esquemática de un cuerpo semiconductor fotosensible para uso en un elemento de circuito ilustrado en la fig. 7;

La fig. 10 es un diagrama de energía de un cuerpo semiconductor fotosensible para uso en los elementos de circuito representados en la fig. 7.

20 La fig. 1 es un diagrama de circuito esquemático en que se ilustran los componentes básicos de un elemento de circuito optoelectrónico de acuerdo con el invento, que comprende una estructura integral que incluye un cuerpo semiconductor fotosensible 202, que está conectado a una salida eléctrica 203 del elemento de circuito, y una fuente de radiación 200, que está acoplada ópticamente a dicho cuerpo semiconductor fotosensible y está conectada a una entrada eléctrica 201 del elemento de circuito. La fuente de radiación 200 emite radiación 207 que incide contra el cuerpo semiconductor fotosensible 202. De acuerdo con el invento la estructura inte-

25

30



5 gral incluye además unasegunda fuente de radiación 204,
que está conectada a una segunda entrada eléctrica 205
y por medio de la cual puede ser influido ópticamente
el efecto óptico de la fuente de radiación 200 sobre el
cuerpo semiconductor fotosensible 202. La estructura in-
tegral puede estar dispuesta en una envolvente que se
ha indicado mediante una línea de trazos 215.

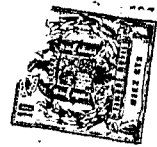
La citada influencia óptica puede efectuarse

10 1) en razón del hecho de que la fuente de ra-
diación 204 está también acoplada ópticamente al cuerpo
semiconductor fotosensible 202, emitiendo la fuente de
radiación 204 radiación 210 que puede aumentar o debili-
tar el efecto de la radiación 207 sobre el cuerpo semi-
conductor fotosensible;

15 2) mediante la provisión de un filtro 206, es-
tando acoplada ópticamente la fuente de radiación 204 a
ese filtro 206 y emitiendo radiación 211 que influye en
la transmisión del filtro 206 para la radiación 207;

20 3) en razón del hecho de que la fuente de ra-
diación 200 es una fuente de radiación de inyección y re-
combinación estando acoplada ópticamente la fuente de ra-
diación 204 al cuerpo semiconductor de la fuente de radia-
ción 200 y emitiendo radiación 212 que es capaz de o bien
estimular o bien inhibir la recombinación de electrones
25 con hoyos, cuya recombinación va acompañada de emisión de
radiación, en el cuerpo semiconductor de la fuente de ra-
diación 200.

30 La posibilidad ultimamente mencionada se estu-
dia ampliamente en la solicitud pendiente de tramitación
número 309.134 de igual fecha.



3.091.86

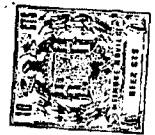
Se describirán la continuación realizaciones que se refieren a la posibilidad del párrafo 1), que irán seguidas de realizaciones referentes a la posibilidad del párrafo 2).

5 El elemento de circuito optoelectrónico de la fig. 2 comprende una combinación de estructura constructiva de un cuerpo semiconductor fotosensible 1, que está conectado a la salida eléctrica constituida por conductores 7 y 8, y una fuente de radiación 10, que está acoplada ópticamente a ese cuerpo semiconductor y está conectada a la entrada eléctrica constituida por conductores 17 y 18. La combinación incluye una segunda fuente de radiación 20, que está también acoplada ópticamente al cuerpo semiconductor fotosensible 1 y está conectada a una segunda entrada eléctrica constituida por conductores 27 y 28, mientras que el efecto óptico de la fuente de radiación 10 sobre el cuerpo semiconductor fotosensible 1 puede estar influido ópticamente por medio de esa fuente de radiación 20.

20 La combinación de estructura constructiva incluye las fuentes de radiación 10 y 20 y el cuerpo semiconductor fotosensible 1 puede estar dispuesto en una envoltente que se ha ilustrado esquemáticamente mediante una línea de trazos 40.

25 Las fuentes de radiación 10 y 20 pueden ser lámparas de cinta de tungsteno provistas cada una de ellas de un monocromador, por ejemplo un filtro de interferencia, para suministrar la radiación deseada. Sin embargo, las fuentes de radiación 10 y 20 son preferiblemente fuentes de radiación de inyección y recombinación, y tales

30



fuentes se han ilustrado en la fig. 2.

Las dos fuentes de radiación 10 y 20 están acopladas ópticamente al cuerpo semiconductor fotosensible 1, el cual tiene una banda prohibida III en que hay presente un nivel de energía intermedio 50 (fig. 3) de tal manera que pueden ser llevados electrones por medios ópticos desde la banda de valencia II a la banda de conducción I en dos fases de transición (representadas en la fig. 3 mediante flechas 51 y 52) por medio del nivel de energía intermedio 50. La fuente de radiación 10 emite radiación 19 de la cual una parte importante es capaz de producir solamente la fase de transición menor 51, es decir, la energía cuántica de la radiación 19 es al menos igual a la energía correspondiente al espaciamiento entre el nivel de energía intermedio 50 y la banda de valencia II y es menor que la energía correspondiente al espaciamiento entre el nivel de energía intermedio 50 y la banda de conducción I. La fuente de radiación 20 emite radiación 29, una parte importante de la cual es capaz de dar lugar a la fase de transición mayor 52, es decir, la energía cuántica de la radiación 29 es aproximadamente igual o mayor a la energía correspondiente al espaciamiento entre el nivel de energía intermedio 50 y la banda de conducción I pero puede ser menor que la energía correspondiente a la anchura de la banda prohibida III.

El cuerpo semiconductor fotosensible 1 puede consistir en fosfuro de galio que, al menos en el área en que son principalmente absorbidas las radiaciones 19 y 29, está activado con cinc y oxígeno, mientras que pre-

3 091 86

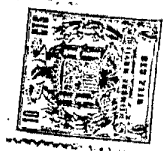


feriblemente hay presente una unión p-n 4, capacitando al cuerpo semiconductor fotosensible 1 para ser usado como una célula fotovoltaica.

5 Puede obtenerse una unión p-n porque dentro de una oblea de fosfuro de galio, que presente conducción de tipo n debido a una impureza en forma de oxígeno, es difundido cinc desde un lado a una temperatura de aproximadamente 800°C durante aproximadamente una hora. Las dimensiones de la oblea pueden ser, por ejemplo, 10 de aproximadamente 3 mm x 3 mm x 0,5 mm. Por consiguiente, el cuerpo semiconductor fotosensible incluye una zona de tipo n 2 activada con oxígeno y una zona 3 de tipo p activada con cinc y oxígeno.

15 La anchura de la banda prohibida en el cuerpo fotosensible 1 es en este caso de aproximadamente 2,25 electrónvoltios y las distancias por las cuales está espaciado el nivel intermedio 50, que es originado por el cinc y el oxígeno, desde la banda de valencia y desde la banda de conducción son de aproximadamente 0,45 electrón 20 voltios y 1,8 electrónvoltios, respectivamente.

Un contacto de conexión sustancialmente óhmico 6 puede consistir en una cantidad de estaño que está fundido al cuerpo semiconductor a una temperatura entre 400°C y 700°C en un tiempo inferior a 1 segundo, mientras 25 que un contacto de conexión sustancialmente óhmico 5 puede consistir en oro al cual es añadido aproximadamente el 4% en peso de cinc y que también está fundido al cuerpo semiconductor a una temperatura entre 400°C y 700°C en un tiempo inferior a 1 segundo. Los diámetros de los contactos 5 y 6 son de aproximadamente 0,5 mm. Los conductores 30



7 y 8 pueden ser provistos de una manera conocida en la técnica de los semiconductores.

5 En la realización que se está considerando, la fuente de radiación de inyección y recombinación comprende un cuerpo 21 de fosfuro de galio de tipo p que está activado con cinc y oxígeno. Un contacto de conexión 22 es producido fundiendo sobre ese cuerpo una cantidad de estaño en las mismas condiciones que las descritas con referencia al contacto 6. Así, se obtie-
10 nen una región recristalizada 24 de tipo p y una unión 26 p-n. Un contacto de conexión sustancialmente óhmico 23 está hecho de los mismos materiales y del mismo modo que el contacto de conexión 5.

15 Si se hace pasar a través de los conductores 27 y 28 una corriente en la dirección hacia adelante a través de la unión p-n 26, en las proximidades de la unión p-n 26 se produce radiación de recombinación 29 que tiene una energía cuántica de aproximadamente 1,8 electrónvoltios y una longitud de onda de aproximadamen-
20 te 7.000 unidades Å por recombinación de electrones y hoyos. Por consiguiente, esa variación es capaz de originar la fase de transición mayor 52 (fig. 3).

25 En la realización que se está considerando, la fuente de radiación de inyección y recombinación 10 comprende un cuerpo semiconductor 11 de arseniuro de galio que tiene una unión p-n 16 provista fundiendo un contacto sustancialmente óhmico 13 por fusión. El cuerpo de arseniuro de galio 11 tiene una anchura de la banda prohibida de aproximadamente 1,36 electrónvoltios de ma-
30 nera que en ese cuerpo 11 puede producirse radiación de

3 0 9 1 8 6



recombinación 19 que tiene una longitud de onda de aproximadamente 9.100 unidades Å. Esa radiación 19 es capaz solamente de originar la fase de transición menor 51.

5 La fuente de radiación de inyección y recombinación 10 puede ser obtenida, por ejemplo, partiendo de una oblea de arseniuro de galio de tipo n de aproximadamente el mismo tamaño que el cuerpo semiconductor fotosensible 1 y fundiendo en ella, a una temperatura comprendida entre 600°C y 700°C, un contacto rectificador consistente en indio que contiene aproximadamente el 3 % en peso de cinc, de tal manera que se producen una región 10 recristalizada 14 de tipo p y la unión p-n 16. El contacto óhmico 13 puede ser provisto fundiendo una cantidad de estaño en el cuerpo semiconductor.

15 Se ha comprobado que el efecto fotoeléctrico que se produce en el cuerpo semiconductor fotosensible 1 por la radiación 29 capaz de originar la fase de transición mayor puede ser considerablemente aumentado, por ejemplo, multiplicado por un coeficiente 3, por medio de la 20 radiación 19 capaz solamente de producir la fase de transición menor 51. El efecto fotoeléctrico puede ser medido en forma de una corriente de cortocircuito entre los conductores 7 y 8.

25 En la fig. 5 se ha representado logarítmicamente (en base 10) una corriente de cortocircuito i entre los conductores 7 y 8, como función de la longitud de onda (convertida en electrónvoltios) de la radiación incidente sobre el cuerpo semiconductor fotosensible 1. La curva 60 ilustra la sensibilidad espectral del cuerpo semiconductor fotosensible 1. No obstante, si el cuerpo semiconduc-

30



tor fotosensible es constantemente irradiado con radiación que es capaz tan solo de producir la fase de transición menor y por sí misma no dá lugar a la corriente de cortocircuito, la sensibilidad espectral está representada por la curva 60 en que la parte ABC está sustituida por una parte ADC. La sensibilidad espectral a la radiación que es capaz de originar la fase de transición mayor y cuya energía cuántica es menor que la anchura de la banda prohibida, es decir, radiación que tiene una energía cuántica comprendida entre aproximadamente 1,7 electrónvoltios y 2,25 electrónvoltios, ha aumentado materialmente en este caso.

La radiación capaz tan solo de producir la fase de transición menor puede tener longitudes de onda que corresponden a energías comprendidas entre aproximadamente 0,5 electrónvoltios y aproximadamente 1,7 electrónvoltios, preferiblemente entre aproximadamente 0,6 electrónvoltios y aproximadamente 1,5 electrónvoltios.

Recíprocamente, si el cuerpo semiconductor fotosensible 1 es irradiado sustancialmente de manera continua con radiación capaz de dar lugar a la fase de transición mayor, por ejemplo, con radiación que tiene una longitud de onda de aproximadamente 7.000 unidades \AA , que corresponde a aproximadamente 1,8 electrónvoltios, la sensibilidad espectral es considerablemente ampliada, como se ha ilustrado mediante la curva EBF. Dicho con otras palabras, el cuerpo semiconductor fotosensible es en este caso sensible también a la radiación que es capaz tan solo de originar la fase de transición menor y tiene una longitud de onda que corresponde a ener-

3 091 86



10 FEB 1964

gías comprendidas entre aproximadamente 0,5 electrón-
voltios y aproximadamente 1,7 electrónvoltios.

La anterior muestra que el efecto de la radia-
ción 29 sobre el cuerpo semiconductor fotosensible 1
5 puede ser influido por medio de la radiación 19, y reci-
procamente.

La figura 2 ilustra un elemento de circuito op-
toelectrónico que tiene dos entradas eléctricas (27, 28)
y (17, 18) y una salida eléctrica (7, 8).

10 Una corriente de suministro puede ser alimenta-
da a la fuente de radiación 20 a través de la entrada
eléctrica (27, 28) mientras que, totalmente independien-
tes de esa corriente de suministro, pueden ser aplicadas
señales de entrada a la fuente de radiación 10 a través
15 de la entrada eléctrica (17, 18). La señal de salida pue-
de ser tomada desde la salida eléctrica 7, 8. Así, pues,
puede usarse el elemento de circuito, por ejemplo, como
un elemento amplificador para señales eléctricas.

Una característica importante consiste en que
20 la sensibilidad del cuerpo semiconductor fotosensible 1
a la radiación 19 es ajustable controlando la corriente
de suministro y, por consiguiente, la intensidad de la
radiación 29.

Además, para cada par de electrón y hoyo gene-
25 rado en el cuerpo semiconductor fotosensible solamente se
requiere en principio un cuanto de radiación que es emi-
tido por la fuente de radiación a la cual son aplicadas
las señales de entrada, ya que el segundo cuanto de ra-
diación requerido es suministrado por la otra fuente de
30 radiación.



Puesto que no solamente la radiación 29 capaz de originar la fase de transición mayor, sino también la radiación 19 capaz tan solo de originar la fase de transición menor están presentes, el proceso pasa a ser más eficaz con respecto a la generación de pares de electrón y hoyo, como también se ha ilustrado en la fig. 5. La sensibilidad a la radiación capaz de originar la fase de transición mayor (véase la parte ABC de la curva 60) aumenta para irradiación con radiación capaz solamente de originar la fase de transición menor (véase la curva ADC de la fig. 5).

Si se aplican las señales de entrada ala fuente de radiación de arseniuro de galio 10, esas señales son convertidas en señales ópticas que consisten en radiación que tiene una energía cuántica de aproximadamente 1,36 electrónvoltios, cuya energía es considerablemente menor que la anchura de la banda prohibida (Aproximadamente 2,25 electrónvoltios) del cuerpo de fosfuro de galio 1. Como se ha explicado en lo que antecede, ello afecta beneficiosamente a la ganancia de energía del elemento de circuito optoelectrónico representado en la Fig. 2, ya que las señales de entrada son convertidas en cuantos de radiación energéticamente pequeños de una manera energéticamente ventajosa . mientras que, no obstante, son obtenibles grandes potencias de salida, ya que con respecto a esos cuantos de radiación el cuerpo semiconductor fotosensible 1 tiene una gran espaciamento de banda.

El uso de dos clases de radiación permite generalmente una mayor amplitud de elección de materiales para el cuerpo semiconductor fotosensible, especialmente

3 0 9 1 8 6



con respecto a impurezas que inducen un nivel intermedio en la banda prohibida, en comparación con los casos en que solamente se usa una sola clase de radiación.

5 Es de hacer notar que en la realización que se está considerando las señales de entrada pueden ser aplicadas alternativamente a la fuente de radiación 20, siendo alimentada una corriente de alimentación a la fuente de radiación 10. Además, pueden ser aplicadas señales de entrada a ambas fuentes de radiación 10 y 20 de tal manera que pueden mezclarse señales de entrada. Además, puede usarse un elemento de circuito optoelectrónico como el representado en la fig. 2 para disposiciones de circuito de coincidencia. Para ese fin, un circuito externo conectado a la salida eléctrica (7,8) puede incluir una

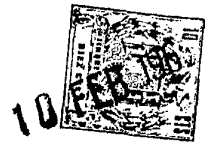
10 fuente de señal que proporciona una señal solamente cuando la fotocorriente producida en el cuerpo semiconductor fotosensible 1 supera a un valor umbral. La fotocorriente obtenible por irradiación del cuerpo semiconductor fotosensible 1 por una de las fuentes de radiación 10 y 20 debe permanecer por debajo de ese valor umbral, mientras que las fotocorrientes que pueden ser producidas en el cuerpo semiconductor fotosensible 1 por irradiación por las dos fuentes de radiación 10 y 20 conjuntamente, debe superar a ese valor umbral. Solamente cuando se aplican simultáneamente señales de entrada a ambas fuentes de radiación 10 y 20, de tal manera que esas fuentes de radiación irradian simultáneamente al cuerpo semiconductor fotosensible 1, es suministrada una señal por la

15 fuente de señales eléctricas. En lugar de fotocorrientes pueden usarse fototensiones.

20

25

30



El cuerpo semiconductor 21 de la fuente de radiación 20 no es preciso que consista en fosfuro de galio, sino que puede también consistir en otros materiales semiconductores en los cuales la anchura de la banda prohibida sea menor que en el fosfuro de galio pero suficiente para generar radiación capaz de originar la fase de transición mayor en el cuerpo semiconductor fotosensible 1. El cuerpo semiconductor 11 de la fuente de radiación 10 no es preciso que consista en arseniuro de galio sino que puede consistir también en, por ejemplo, fosfuro de galio.

En la fig. 4 se ha representado nuevamente el cuerpo semiconductor fotosensible 1 provisto de contactos de conexión 5 y 6 como se ha ilustrado en la fig. 2, provisto de otro contacto de conexión 55 y de una región recristalizada asociada 56 de tipo n que forma una unión p-n 57 con la zona 3 de tipo p. El contacto 55 puede ser provisto de una manera similar a la descrita en lo que antecede con referencia al contacto 22 de la fig. 2. Polarizando la unión p-n 57 en la dirección hacia adelante puede obtenerse radiación que tiene la misma longitud de onda que la radiación 29 emitida por la fuente de radiación 20. Por consiguiente, el cuerpo semiconductor fotosensible 1 provisto de contactos y la fuente de radiación 20 de la fig. 2 pueden ser constituidos por la estructura de la fig. 4, en que una fuente de radiación y el cuerpo semiconductor fotosensible tienen un cuerpo semiconductor común. La entrada eléctrica (27, 28) de la fig. 2 está sustituida por una entrada eléctrica (58, 7) en la fig. 4.

3 0 9 1 8 6

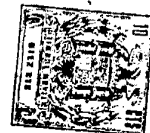


5 Los cuerpos semiconductores 11 y 21 (fig. 2) de las fuentes de radiación 10 y 20 y el cuerpo semiconductor fotosensible 1 forman preferiblemente para de un cuerpo semiconductor común, lo cual permite una construcción muy compacta que tiene un menor número de contactos de conexión. Tal estructura se ha representado en la fig. 6.

10 Esa estructura puede obtenerse de una manera sencilla partiendo de una construcción como la ilustrada en la fig. 4. La superficie 70 de la zona 2 de tipo n del cuerpo fotosensible de fosfuro de galio 1 no está provista de un contacto 6 sino que está recubierta de una capa 71 (fig. 6) de arseniuro de galio de tipo n por un método corrientemente usado en la técnica del semiconductor, por ejemplo, por depósito del material semiconductor desde la fase gaseosa. Esa capa de arseniuro de galio de tipo n hace sustancialmente un contacto óhmico con la capa de fosfuro de galio 2 de tipo n y sustituye al cuerpo de arseniuro de galio 11 de tipo n de la fig. 2. En el elemento de circuito de la fig. 6 pueden ser provistos contactos 12 y 13 de una manera similar a la descrita con referencia a la fig. 2. Las entradas eléctricas (17, 18) y (27, 28) y la salida eléctrica (7, 8) de la fig. 2 corresponden a las entradas eléctricas (58, 7) y (17, 18) respectivamente, y a la salida eléctrica (7, 18) de la fig. 6.

25 El elemento de circuito optoelectrónico representado en la fig. 6 comprende un cuerpo de fosfuro de galio 1, que incluye dos uniones p-n 4 y 57, y un cuerpo de arseniuro de galio 71, que está provisto en el

30



cuerpo de fosfuro de galio y que incluye una unión p-n 16. Las uniones p-n 57 y 16 se obtienen mediante un proceso de fusión. También pueden ser obtenidas, sin embargo, por métodos de difusión y/o epitaxiales. La unión p-n 4 puede ser también obtenida por un método epitaxial. En este caso, el cuerpo semiconductor resultante basta únicamente con que esté provisto de contactos sustancialmente óhmicos.

El cuerpo semiconductor fotosensible puede consistir en un material semiconductor que contiene un nivel intermedio en la banda prohibida de tal manera que pueden ser llevados electrones en dos fases de transición desde la banda de valencia por medio del nivel intermedio a la banda de conducción, por medios ópticos, pero que no es fosfuro de galio cargado de cinc y oxígeno. Sin embargo, para el funcionamiento del elemento de circuito optoelectrónico a la temperatura ambiente, el nivel intermedio está preferiblemente separado por distancias de al menos 0,1 electrónvoltios tanto de la banda de valencia como de la banda de conducción. Así, no hay sustancialmente transiciones térmicas no convenientes. Un material adecuado distinto al fosfuro de galio es, por ejemplo, el fosfuro de aluminio. El fosfuro de aluminio tiene una anchura de la banda prohibida de aproximadamente 2,42 electrón-voltios y se ha encontrado en cristales activados no intencionadamente como nivel intermedio que está separado de la banda de valencia por aproximadamente 0,37 electrónvoltios.

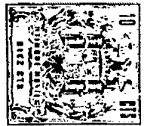
A continuación se describirá una realización de un elemento de circuito optoelectrónico de acuerdo con



5 el invento (con referencia a la fig. 7) en que ambas
fuentes de radiación (90 y 100) están acopladas ópti-
camente al cuerpo semiconductor fotosensible 80, emi-
tiendo una fuente de radiación 90 una radiación 91 de
la cual una parte importante es capaz de generar porta-
dores de cargas libres en el cuerpo semiconductor foto-
sensible 80, emitiendo la otra fuente de radiación 100
radiación 101 de la cual una parte importante es capaz
de disminuir la vida de los portadores de cargas libres
10 en el cuerpo semiconductor fotosensible 80.

El cuerpo semiconductor fotosensible 80 con-
siste, al menos a un lado de una unión p-n 82, en un ma-
terial semiconductor en que la fuente de radiación 90
puede generar portadores de cargas libres incluidos por-
tadores de minoría, mientras que la vida de los portado-
res de minoría libres presentes en el material semicon-
ductor puede ser disminuido por medio de radiación que
tiene una longitud de onda mayor que la de la radiación
que emite los portadores de cargas libres, emitiendo la
otra fuente de radiación 100 una radiación 101 que, al
20 menos en una parte importante, consiste en radiación
que disminuye la vida de los portadores de minoría li-
bres.

En la realización que se está considerando el
25 cuerpo semiconductor fotosensible 80 consiste en fosfuro
de galio y en una parte 81 de tipo p contigua a la unión
p-n 81, pueden ser tenerados portadores de cargas libres
incluidos portadores de minoría (electrones) por la fuen-
te de radiación 90. La parte 81 de tipo p contiene un ni-
vel aceptador que es producido activando con cobre y está
30



separado de la banda de valencia por una distancia de
aproximadamente 0,57 electrónvoltios. La fuente de ra-
diación 100 irradia la parte 81 de tipo p con radiación
101 cuya energía cuántica es al menos igual a la sepa-
5 ración entre el nivel aceptador y la banda de valencia.

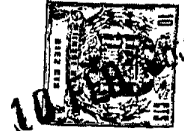
Puesto que la anchura de la banda prohibida
en fosfuro de galio es de aproximadamente 2,25 electrón-
voltios, la radiación 91 que tiene una longitud de onda
de aproximadamente 5.600 unidades \AA puede generar porta-
10 dores de cargas libres. Si se desea, la radiación 91 pue
de tener una longitud de onda considerablemente más cor-
ta, por ejemplo, una longitud de onda de aproximadamente
4,400 unidades \AA .

El cuerpo de fosfuro de galio 80 tiene dimen-
15 siones de, por ejemplo, aproximadamente 3 mm x 3mm x 0,2
mm. La activación con cobre puede efectuarse difundiendo
cobre en el cuerpo de fosfuro de galio 80 a una tempera-
tura comprendida entre aproximadamente 800°C y 1.000°C.
El cobre puede haber sido provisto anteriormente sobre
20 la superficie del cuerpo de fosfuro de galio por depósi-
to desde la fase de vapor, si se requiere, mientras se
calienta el cuerpo de fosfuro de galio a una temperatura
comprendida entre aproximadamente 350°C y 500°C.

Puede obtenerse un contacto 84, por ejemplo,
25 fundiendo estaño en el cuerpo semiconductor 80 a una
temperatura comprendida entre aproximadamente 400°C y
700°C durante un tiempo preferiblemente inferior a 1
segundo. Ello proporciona una región cristalizada 83 de
tipo n y una unión p-n asociada 82.

30 Puede obtenerse un contacto sustancialmente

309186



5 óhmico 85 fundiendo sobre el cuerpo oro que contiene aproximadamente el 4 % en peso de cinc, igualmente a una temperatura comprendida entre aproximadamente 400°C y 700°C durante un tiempo preferiblemente inferior a un segundo. Ello da por resultado la región recristalizada 86 de tipo p. El diámetro de los conductos 84 y 85 es de aproximadamente 0,5 mm y esos contactos están provistos de conductores de conexión 87 y 88 por un método conocido.

10 Una fotocorriente producida en el cuerpo semiconductor fotosensible 80 puede ser derivada, por ejemplo, en forma de una corriente de cortocircuito desde los conductores 87 y 88, los cuales forman la salida eléctrica del elemento de circuito de la fig. 7.

15 En la fig. 8 una curva a representa en unidades arbitrarias la fotocorriente i producida por irradiación del cuerpo semiconductor fotosensible 80 con radiación que tiene una longitud de onda de aproximadamente 4.950 unidades $\overset{\circ}{\text{Å}}$, como función de la tensión eléctrica en voltios establecida entre los contactos 84 y 85. Si
20 el cuerpo semiconductor fotosensible 80 es también irradiado con radiación que tiene una longitud de onda de aproximadamente 1 micra (aproximadamente 1,2 electrón-voltios), se obtiene una curva b. Esas curvas ilustran
25 claramente que la fotocorriente i es considerablemente disminuida por la irradiación simultánea con radiación que tiene una longitud de onda de aproximadamente 1 micra. Por consiguiente, la magnitud del efecto fotoeléctrico obtenido por medio de radiación que tiene una longitud de onda de aproximadamente 4.950 unidades $\overset{\circ}{\text{Å}}$ puede
30



ser controlada por medio de radiación que tiene una longitud de onda de aproximadamente 1 micra. Se ha comprobado que la radiación que disminuye la fotocorriente debe tener una energía cuántica comprendida entre aproximadamente 0,6 electrónvoltios y 2,0 electrónvoltios
5 mientras que la radiación que produce la fotocorriente a ser disminuida puede tener una longitud de onda de aproximadamente 5.600 unidades \AA ó inferior.

La fuente de radiación 90 es una fuente de radiación de inyección y recombinación, y en la realización
10 ilustrada en la fig. 7 comprende un cuerpo de fosforo de galio 99 que, a diferencia del cuerpo de fosforo de galio 21 de la fuente de radiación 20 (fig. 2), no está activado con cinc y oxígeno sino solamente con cinc. Un
15 contacto 93, una región recristalizada 92 de tipo n asociada y una unión p-n 95 pueden ser obtenidas de la misma manera que el contacto 22, la región recristalizada 24 de tipo n asociada y la unión p-n 26; y el contacto óhmico 97 puede ser provisto de la misma manera que el
20 contacto 23. El contacto 93 tiene un diámetro de aproximadamente 1,5 mm y el contacto 97 tiene un diámetro de 0,5 mm. La fuente de radiación 90 emite radiación 91 que tiene una longitud de onda de aproximadamente 5.600 unidades \AA .

25 Los conductores 94 y 96 forman una entrada eléctrica del elemento de circuito de la fig. 7, a través de la cual puede ser suministrada la corriente de suministro a la fuente de radiación 90.

La fuente de radiación 100 puede ser una fuente de radiación de inyección y recombinación que consis-
30

3 0 9 1 8 6



te en los mismos materiales que la fuente de radiación 20 de la fig. 2 y está producida por métodos similares. Los diámetros de los contactos 102 y 103 son de aproximadamente 1,5 mm y 0,5 mm respectivamente. Por consiguiente, la radiación 101 corresponde a la radiación 29 de la fig. 2 y tiene una longitud de onda de aproximadamente 7.000 unidades Å (aproximadamente 1,8 electrón voltios). Los conductores 104 y 105 forman la segunda entrada eléctrica del elemento de circuito a través de la cual pueden ser aplicadas señales de entrada eléctricas a ese elemento.

Es de hacer notar que una señal de entrada positiva aplicada a la entrada eléctrica (104, 105) produce una señal de salida negativa en la salida eléctrica (87, 88).

Una posibilidad importante de controlar el funcionamiento de la disposición de circuito la proporciona la posibilidad de controlar la corriente de suministro que es proporcionada a la fuente de radiación 90 a través de la entrada (94, 96).

Además, el elemento de circuito de la fig. 7 tiene ventajas similares a las del elemento de circuito de la fig. 2.

Las fuentes de radiación 90 y 100 juntamente con el cuerpo semiconductor fotosensible 80 forman preferiblemente una estructura integral y pueden estar encerrados en una envolvente común, que se ha indicado mediante una línea de trazos 110.

El cuerpo fotosensible de fosfuro de galio 80 que contiene una unión p-n 82 obtenida mediante un pro-



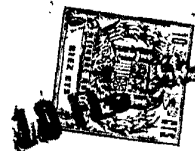
ceso de fusión, puede ser sustituido por un cuerpo fotosensible de fosfuro de galio 118 (fig. 9) que tiene una unión p-n 111 obtenida por difusión. Una zona 112 tiene una conducción de tipo p y está activada con cobre mientras que una zona 113 muestra conducción de tipo n. La unión p-n 111 puede obtenerse por difusión de cobre en el cuerpo inicial 118 de tipo n a una temperatura entre aproximadamente 800°C y 1000°C. Puede proveerse un contacto sustancialmente óhmico 114 de la misma manera que el contacto 85 (fig. 7) y puede proveerse un contacto sustancialmente óhmico 115 de la misma manera que el contacto 84 (fig. 7).

Las fuentes de radiación 90 y 100 pueden tener uniones p-n obtenidas por difusión en lugar de uniones p-n obtenidas por un proceso de fusión.

En la realización descrita con referencia a la Fig. 7, los cuerpos semiconductores 106, 80 y 99 consisten en fosfuro de galio. Se apreciará que, en principio, esos cuerpos semiconductores 106, 80 y 99 pueden ser combinados para formar un solo cuerpo de fosfuro de galio. Ello proporciona una construcción en que las fuentes de radiación de inyección y recombinación 100 y 90 y el cuerpo semiconductor fotosensible 80 tiene un cuerpo semiconductor común.

Tal estructura puede ser obtenida, por ejemplo, desarrollando desde la fase de vapor varias capas de fosfuro de galio activadas con las impurezas deseadas sobre un soporte de fosfuro de galio de tal manera que se obtiene un cuerpo de fosfuro de galio que tiene tres uniones p-n, estando polarizadas las dos uniones exteriores

3 091 86



en la dirección hacia adelante proporcionando la radiación deseada de recombinación, mientras que la unión intermedia p-n puede servir como la unión p-n fotosensible. Evidentemente, el proceso de fabricación puede ser una de las diversas combinaciones de métodos epitaxiales, de métodos de difusión y de métodos de aleación conocidos.

La radiación 101 (fig. 7) que disminuye el efecto fotoeléctrico en el cuerpo semiconductor fotosensible 80 tiene una longitud de onda que corresponde a una energía cuántica inferior a la anchura de la banda prohibida en ese cuerpo semiconductor fotosensible 80. La radiación 101 puede tener una energía cuántica comprendida entre aproximadamente 0,6 electrónvoltios y aproximadamente 2,0 electrónvoltios, siendo la anchura de la banda prohibida en el cuerpo de fosfuro de galio 80 de aproximadamente 2,25 electrónvoltios. Como se ha dicho en lo que antecede, ello mejora la ganancia de energía del elemento de circuito, especialmente si esa radiación 29 se produce por medio de una fuente de radiación de inyección y recombinación que comprende un cuerpo semiconductor en que la anchura de la banda prohibida es menor que en el cuerpo semiconductor fotosensible. Este no es el caso en la realización descrita con referencia a la figl 7. Sin embargo, en la fig. 7 la fuente de radiación de inyección y recombinación 100 puede ser sustituida por la fuente de radiación de inyección y recombinación 10 de la fig. 2 que comprende un cuerpo de arseniuro de galio. La fuente de radiación 10 emite radiación que tiene una longitud de onda de aproximadamente 9.100 unidades \AA y es además capaz de disminuir el efecto fotoeléctrico en un cuerpo de fosfuro de galio



act vado con cobre, por amártiguamiento. También en este caso las dos fuentes de radiación y el cuerpo semiconductor fotosensible pueden tener un cuerpo semiconductor común. Por ejemplo, puede proveerse un cuerpo de arseniuro de galio sobre un cuerpo de fosfuro de galio, como se ha descrito en lo que antecede con referencia a la fig. 6. Por otra parte, la fuente de radiación de inyección y recombinación 100 puede tener un cuerpo semiconductor de fosfuro de indio por medio de la cual puede también obtenerse radiación de recombinación que tiene una longitud de onda de aproximadamente 9.100 unidades $\frac{9}{\text{Å}}$.

En la fabricación del cuerpo semiconductor fotosensible 80 pueden usarse impurezas y/o materiales semiconductores distintos a los mencionados con tal que permitan que se produzcan los efectos deseados. Las fuentes de radiación han de ser hechas de manera que se emparejen al cuerpo semiconductor fotosensible usado.

Como se ha dicho en lo que antecede, resultaría que el cuerpo semiconductor fotosensible debe satisfacer a las siguientes condiciones, y que la disminución de la fotocorriente puede explicarse del siguiente modo.

La parte de tipo p del cuerpo semiconductor fotosensible contigua a la unión p-n debe consistir en un material semiconductor en el cual pueden ser generados portadores de cargas libres incluidos portadores de minoría (electrones) por medio de una de las fuentes de radiación, por ejemplo, en que radiación procedente de esa fuente de radiación induce transiciones 130 (fig. 10) en que son llevados electrones desde la banda de valencia II

3 0 9 1 8 6



5 a la banda de conducción I. La energía cuántica de la radiación debe ser al menos igual a la anchura de la banda prohibida III. La vida de los portadores de minoría resultantes (electrones) depende de la recombinación de electrones con hoyos. La recombinación de electrones con hoyos puede tener lugar mediante transiciones de banda a banda 131 y/o mediante transiciones 132 y 133 por medio de un nivel intermedio 134 producido por un centro de recombinación (destructor). Puesto que no pueden evitarse fácilmente los centros de recombinación, generalmente están presentes en el material semiconductor pero, si se desea, pueden ser incorporados intencionalmente en el material semiconductor, por ejemplo, en forma de defectos del cristal.

15 El material semiconductor debe contener además un nivel aceptador 135 que sustancialmente no influye en la recombinación (en la realización que comprende un cuerpo de fosfuro de galio (fig. 7) ese nivel es producido por cobre). La transición de electrones desde la banda de conducción I por medio de ese nivel aceptador 135 a la banda de valencia II es lenta de tal manera que ese nivel aceptador 135 no ejerce sustancialmente influencia alguna en la recombinación.

25 El nivel de Fermi está entre el nivel aceptador 135 y la banda de valencia II de tal manera que el nivel 135 no está ocupado, por electrones, al menos parcialmente, y pueden ser llevados electrones desde la banda de valencia II al nivel 135 por medio de transiciones 136 mediante radiación que es emitida por la otra fuente de radiación y tiene una energía cuántica al menos igual a la

30



separación entre el nivel 135 y la banda de valencia II. Como resultado se producen hoyos en la banda de valencia II de tal modo que la concentración de hoyos en la banda de valencia II aumenta. Ello promueve la recombinación de electrones con hoyos y consiguientemente reduce la vida de los electrones (portadores de minoría) en la banda de conducción I. Puesto que la fotocorriente producida en un cuerpo semiconductor que contiene una unión p-n depende muy estrechamente de la vida de los portadores de minoría, la fotocorriente es también disminuida.

Es de hacer notar que la generación de portadores de cargas libres incluidos portadores de minoría no es preciso que tenga lugar a través de transiciones de banda a banda sino que también puede tener lugar en dos fases de transición por medio de otro nivel de energía intermedio en la banda prohibida.

Como se ha dicho en lo que antecede, entre la fuente de radiación 200 acoplada ópticamente al cuerpo semiconductor fotosensible 202 (fig. 1) y ese cuerpo semiconductor fotosensible 202 puede estar interpuesto un filtro 206 de material semiconductor siendo la transmisión del filtro 206 para la radiación 207 desde la fuente de radiación 200 controlable por medio de la fuente de radiación 204 que está acoplada ópticamente al filtro 206 y emite radiación 211.

El filtro 206 puede consistir en fosfuro de galio de alta resistencia activado con cinc y oxígeno de tal manera que se produce un nivel intermedio 50 (fig. 3) en la banda prohibida del filtro. La fuente de radiación 200 puede emitir, por ejemplo, radiación 207 que

3 0 9 1 8 6



5 tiene una longitud de onda de aproximadamente 7.000 unidades \AA y es capaz de dar lugar a la fase de transición mayor 52 (fig. 3). La fuente de radiación 200 puede ser, por ejemplo, la fuente de radiación 20 representada en la fig. 2.

10 La radiación 207 será parcialmente absorbida en el filtro 206. Como se vió en lo que antecede con referencia al cuerpo semiconductor fotosensible 1 (fig. 2) esa absorción puede ser aumentada por medio de radiación
15 capaz tan solo de dar lugar a la fase de transición menor 51 (fig. 3). La fuente de radiación 204 usada puede ser la fuente de radiación 10 de la fig. 2 que emite tal radiación. En este caso, la radiación 211 es capaz de dar lugar a la fase de transición menor unicamente y de
20 esa manera, mediante aplicación de señales de entrada eléctrica a la entrada eléctrica 205, puede ser controlada la absorción de la radiación 207 en el filtro 206 y por consiguiente la parte de la radiación 207 que llega al cuerpo semiconductor fotosensible 202. La señal de salida eléctrica puede ser tomada de la salida eléctrica 203.

Si el filtro 206, que fundamentalmente es también un cuerpo semiconductor fotosensible, está provisto de contactos, se obtiene una segunda salida eléctrica.

25 El cuerpo semiconductor fotosensible 202 puede formar parte de cualquier fotodetector sensible a la radiación 207 y puede ser, ventajosamente una célula fotovoltaica.

30 Al menos dos de los componentes comprenden las fuentes de radiación 200 y 204, el filtro 206 y el cuer-



po semiconductor fotosensible 202, pueden tener un cuerpo semiconductor común. Ello permite una construcción sumamente compacta.

5 Pueden usarse otros materiales distintos a los mencionados. El filtro 206, por ejemplo, puede consistir en fosfuro de galio de tipo n que está además activado con cinc y oxígeno y en que el nivel intermedio 50 (fig. 3) está ocupado sustancialmente por completo por electrones. Si las fuentes de radiación 200
10 y 204 están intercambiadas, en principio la radiación 207 solamente puede dar lugar a la fase de transición menor 51 (fig. 3) y la radiación 211 a la fase de transición mayor 52 (fig. 3). En este caso la radiación 207 no es sustancialmente absorbida por el filtro 206, ya
15 que no pueden ser llevados electrones desde la banda de valencia al nivel intermedio 50 ya ocupado. Cuando la radiación 211 llega al filtro son llevados electrones desde el nivel intermedio 50 a la banda de conducción y en ese caso la radiación 207 puede ser absorbi-
20 da, ya que pueden ser llevados electrones desde la banda de valencia a los lugares vacantes en el nivel intermedio 50. En este caso se requiere que el cuerpo semiconductor fotosensible 202 detecte radiación capaz tan solo de dar lugar a la fase de transición menor 51.

25 Se apreciará que el invento no queda limitado a las realizaciones descritas y que son posibles numerosas variaciones para alguien experto en la técnica sin rebasar el alcance del invento. Por ejemplo, pueden verse superficies semiconductoras, a través de las cuales salga o entre radiación en un cuerpo semiconductor,
30

3 0 9 1 8 6



5 con las capas antireflectantes corrientemente usadas
en óptica. Además pueden usarse materiales conductores
y/o impurezas distintos a los descritos. La unión p-n
16 producida en el cuerpo de arseniuro de galio 11 fun-
diendo el contacto 12 (fig. 2) sobre ese cuerpo, puede
obtenerse alternativamente, por ejemplo, por difusión de
cinc a aproximadamente 900°C, y la zona de difusión de
tipo p resultante y el resto de tipo n del cuerpo 11 pue-
den ser provistos de contactos sustancialmente óhmicos.
10 Con la zona de difusión de tipo p puede hacerse tal con-
tacto óhmico fundiendo sobre ella, por ejemplo, una can-
tidad de indio que contenga aproximadamente el 3 % en
peso de cinc.

15 Las realizaciones estudiadas de elementos de
circuito optoelectrónico de acuerdo con el invento com-
prenden una fuente de radiación que en el cuerpo semicon-
ductor fotosensible produce un efecto fotoeléctrico y
una fuente de radiación por medio de la cual puede ser
influenciado ópticamente ese efecto fotoeléctrico. Pue-
de haber, sin embargo, varias fuentes de radiación capa-
ces de producir un efecto fotoeléctrico en el cuerpo se-
miconductor fotosensible y varias fuentes de radiación
20 capaces de influir sobre ese efecto fotoeléctrico. Pue-
den emplearse ventajosamente elementos de circuito de
acuerdo con el invento no solamente para amplificar se-
ñales eléctricas sino también en disposiciones de cir-
cuitos lógicos. Además, una fuente de radiación de in-
yección y recombinación usada puede actuar como un laser
de inyección y recombinación.

30 Esta solicitud que corresponde a la presentada



en Holanda, el día 12 de Febrero de 1.964, con el número 6.401.188, se acoge a los beneficios del artículo 51 del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.

5

- N O T A -

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

1.- Un dispositivo de circuito optoelectrónico que comprende una combinación de estructura constructiva de un cuerpo semiconductor fotosensible conectado a la salida eléctrica del elemento de circuito y una fuente de radiación que está acoplada ópticamente a dicho cuerpo y está conectada a la entrada eléctrica del elemento de circuito, caracterizado por que la combinación de estructura constructiva comprende una segunda fuente de radiación que está conectada a una segunda entrada eléctrica por medio de la cual puede influirse ópticamente sobre el efecto óptico de la primera fuente de radiación en el cuerpo semiconductor fotosensible.

25

2.- Un dispositivo de circuito optoelectrónico según el punto 1, caracterizado por que las fuentes de radiación son fuentes de radiación de inyección y recombinación.

30

3.- Un dispositivo de circuito optoelectrónico según el punto 1 ó el punto 2, caracterizado por que el cuerpo semiconductor fotosensible contiene una unión p-n

3 091 86



y es irradiado en las proximidades de esa unión p-n por al menos una de las fuentes de radiación.

5 4.- Un dispositivo de circuito optoelectrónico según el punto 1, caracterizado por que las fuentes de radiación están ambas acopladas ópticamente al cuerpo semiconductor fotosensible, teniendo el cuerpo semiconductor fotosensible una banda prohibida en la cual hay presente un nivel de energía intermedio de tal manera que pueden ser llevados electrones por medios ópticos desde 10 la banda de valencia a la banda de conducción en dos fases de transición por medio del nivel de energía intermedio, mientras que una de las fuentes de radiación emite radiación de la cual una parte importante es capaz tan solo de dar lugar a la fase de transición menor, emitiendo 15 la otra fuente de radiación una radiación de la cual una parte importante es capaz de dar lugar a la fase de transición mayor.

20 5.- Un dispositivo de circuito optoelectrónico según el punto 4, caracterizado por que el nivel de energía intermedio está separado de la banda de valencia y de la banda de conducción por distancias que son al menos iguales a 0,1 electrónvoltios.

25 6.- Un dispositivo de circuito optoelectrónico según cualquiera de los puntos 4 y 5, caracterizado por que el cuerpo semiconductor fotosensible consiste en fosfuro de galio y, al menos en el área en la cual es principalmente absorbida la radiación procedente de las fuentes de radiación, está activado con cinc y oxígeno.

30 7.- Un dispositivo de circuito optoelectrónico según el punto 6, caracterizado por que la fuente de ra-



5 , 5
diación que emite radiación de la cual una parte importante es capaz tan solo de dar lugar a la fase de transición menor, es una fuente de radiación de inyección y recombinación que comprende un cuerpo semiconductor que consiste en uno de los materiales semiconductores arseniuro de galio y fosfuro de indio.

10 8.- Un dispositivo de circuito optoelectrónico según el punto 6 ó el punto 7, caracterizado por que la fuente de radiación que emite radiación de la cual una parte importante es capaz de dar lugar a la fase de transición mayor es una fuente de radiación de inyección y recombinación que comprende un cuerpo semiconductor de fosfuro de galio el cual contiene una unión p-n y, al menos en las proximidades de la unión p-n, está activado
15 con cinc y oxígeno.

9.- Un dispositivo de circuito optoelectrónico según cualquiera de los puntos 4 y 5, caracterizado por que el cuerpo semiconductor fotosensible consiste en fosfuro de aluminio.

20 10.- Un dispositivo de circuito optoelectrónico según cualquiera de los puntos 1 a 3, caracterizado por que las dos fuentes de radiación están acopladas ópticamente al cuerpo semiconductor fotosensible, emitiendo una de las fuentes de radiación una radiación de la cual una parte importante es capaz de generar portadores
25 de cargas libres en el cuerpo semiconductor fotosensible y emitiendo la otra fuente de radiación una radiación de la cual una parte importante es capaz de disminuir la vida de los portadores de cargas libres en el cuerpo semiconductor fotosensible.
30

309186



5 11.- Un dispositivo de circuito optoelectrónico según los Puntos 3 y 10, caracterizado por que el cuerpo semiconductor fotosensible consiste en al menos un lado - de la unión p-n en un material semiconductor en el cual pueden ser generados portadores de cargas libres, incluídos portadores de minoría, por una fuente de radiación, - mientras que la vida de los portadores de minoría libres presentes en el material semiconductor puede ser disminuída por medio de radiación que tiene una longitud de onda mayor que la de la radiación que genera los portadores de 10 cargas libres, emitiendo la otra fuente de radiación una - radiación que, al menos en una parte importante, consiste en radiación que disminuye la vida de los portadores de - minoría libres.

15 12.- Un dispositivo de circuito optoelectrónico según el Punto 11, caracterizado por que la parte de tipo p del cuerpo semiconductor fotosensible contigua a la - unión p-n consiste en un material semiconductor en que - por medio de una fuente de radiación pueden ser generados portadores de cargas libres, incluídos portadores de minoría, dependiendo de la vida de los portadores de minoría - de la recombinación de electrones con hoyos, mientras que el material semiconductor contiene un nivel aceptador que sustancialmente no influye de modo alguno sobre esa re- 20 combinación, estando situado el nivel de Fermi entre ese nivel aceptador y la banda de valencia, mientras que la - radiación emitida por la otra fuente de radiación consiste, al menos en una parte importante, en radiación que es capaz de llevar electrones desde la banda de valencia al - 25 nivel del aceptador de tal manera que aumenta la concen- 30



tracción de hoyos en la banda de valencia, lo que promueve la recombinación de electrones con hoyos y disminuye la vida de los portadores de minoría (electrones).

5 13.- Un dispositivo de circuito optoelectrónico según el punto 11 ó el punto 12, caracterizado por que el cuerpo semiconductor fotosensible consiste en fosfuro de galio, y al menos en la parte de tipo p del cuerpo semiconductor fotosensible contigua a la unión p-n pueden ser generados portadores de cargas libres, 10 incluidos portadores de minoría (electrones), por una fuente de radiación, conteniendo la parte tipo p un nivel aceptador obtenido por activación con cobre, irradiando la otra fuente de radiación esa parte de tipo p con radiación que consiste, al menos en una parte im- 15 portante, en radiación que tiene una energía cuántica que es al menos igual a la separación entre el nivel aceptador y la banda de valencia, cuya separación es de aproximadamente 0,57 electrónvoltios.

20 14.- Un dispositivo de circuito optoelectrónico según el punto 13, caracterizado por que la fuente de radiación que emite radiación de la cual una parte importante es capaz de generar portadores de cargas libres en el cuerpo semiconductor fotosensible, es una fuente de radiación de inyección y recombinación que 25 comprende un cuerpo semiconductor de fosfuro de galio que contiene una unión p-n y, al menos en las proximidades de la unión p-n, está activado con cinc.

30 15.- Un dispositivo de circuito optoelectrónico según el punto 13 ó el punto 14, caracterizado por que la otra fuente de radiación, que emite radiación de

309186



la cual una parte importante es capaz de disminuir la vida de los portadores de minoría libres en el cuerpo semiconductor fotosensible, es una fuente de radiación de inyección y recombinación que comprende un cuerpo semiconductor que consiste en uno de los materiales semiconductores arseniuro de galio y fosfuro de indio.

5
10
15
16.- Un dispositivo de circuito optoelectrónico según el punto 13 ó el punto 14, caracterizado por que la otra fuente de radiación, que emite radiación de la cual una parte importante es capaz de disminuir la vida de portadores de minoría libres en el cuerpo semiconductor fotosensible, es una fuente de radiación de inyección y recombinación que comprende un cuerpo semiconductor de fosfuro de galio que contiene una unión p-n y, al menos en las proximidades de la unión p-n, está activado con cinc y oxígeno.

17.º Un dispositivo de circuito optoelectrónico según cualquiera de los puntos precedentes, caracterizado por que al menos una de las fuentes de radiación, que está destinada a recibir señales de entrada, es una fuente de radiación de inyección y recombinación que comprende un cuerpo semiconductor en el cual la anchura de la banda prohibida es menor que en el cuerpo semiconductor fotosensible.

20
25
30
18.- Un dispositivo de circuito optoelectrónico según cualquiera de los puntos 1 a 3, caracterizado por que entre la fuente de radiación que está acoplada ópticamente al cuerpo semiconductor fotosensible y ese cuerpo semiconductor fotosensible hay interpuesto un filtro de material semiconductor cuya transmisión para

309103



10 FEB

radiación de esa fuente de radiación puede ser controlada ópticamente por medio de la segunda fuente de radiación acoplada ópticamente a ese filtro.

5

19.- Un dispositivo de circuito optoelectrónico según cualquiera de los puntos precedentes, caracterizado por que al menos dos de los componentes del elemento de circuito cuyos componentes están constituidos por las fuentes de radiación y el cuerpo semiconductor fotosensible, y, en su caso, el filtro, tienen un cuerpo semiconductor común.

10

20.- Un dispositivo de circuito optoelectrónico.

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.

15

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

Madrid,

P. A.

10 FEB 1963

[Handwritten signature]
P. A.

20

3 001 80

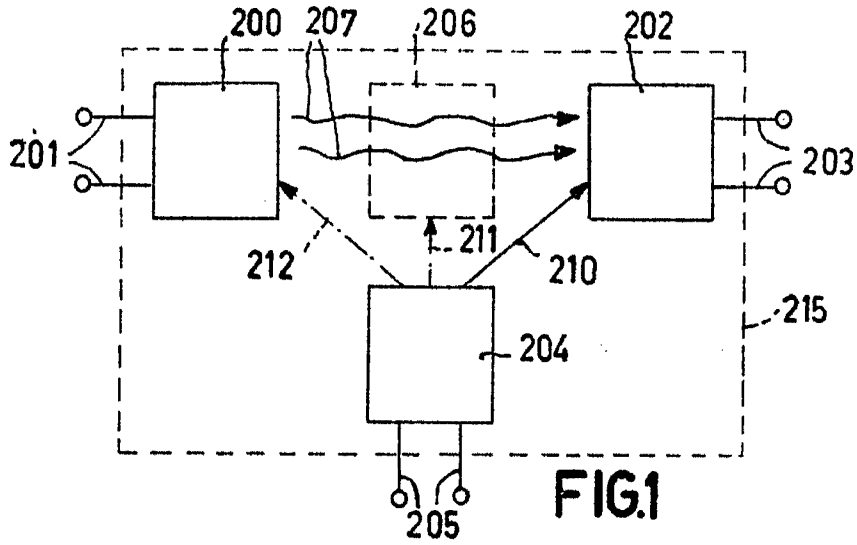


FIG. 1

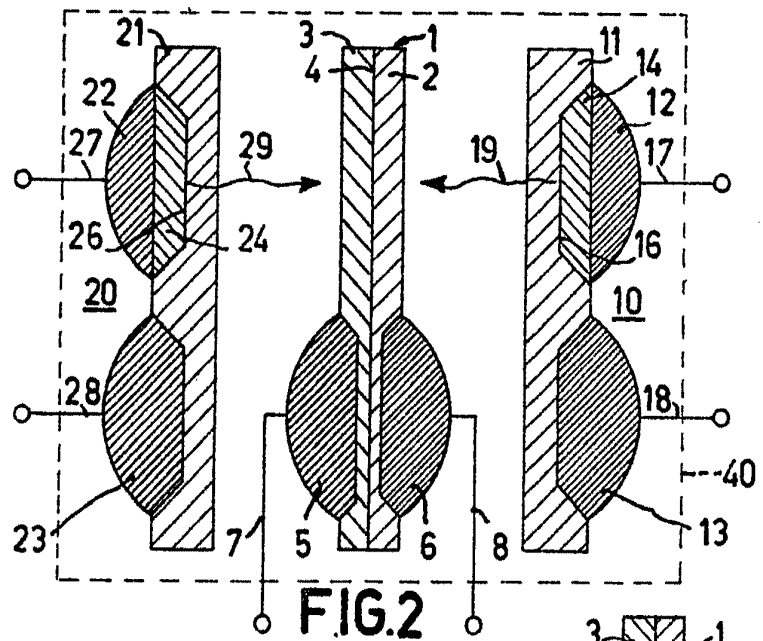


FIG. 2

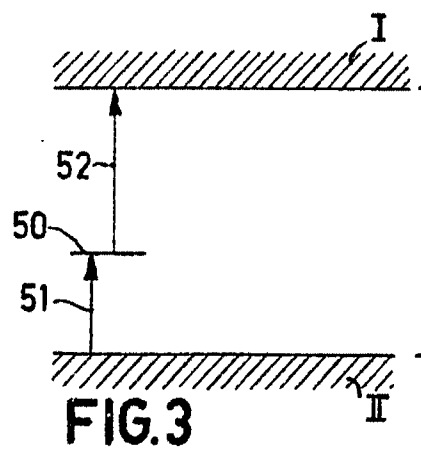


FIG. 3

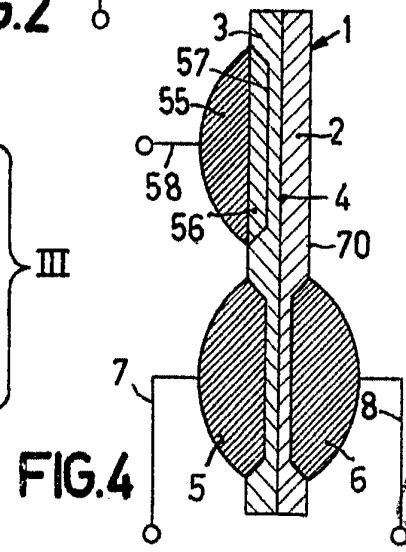


FIG. 4

Alberto de ...
Por Poder

DATA VARIABLE

3 091 86

10

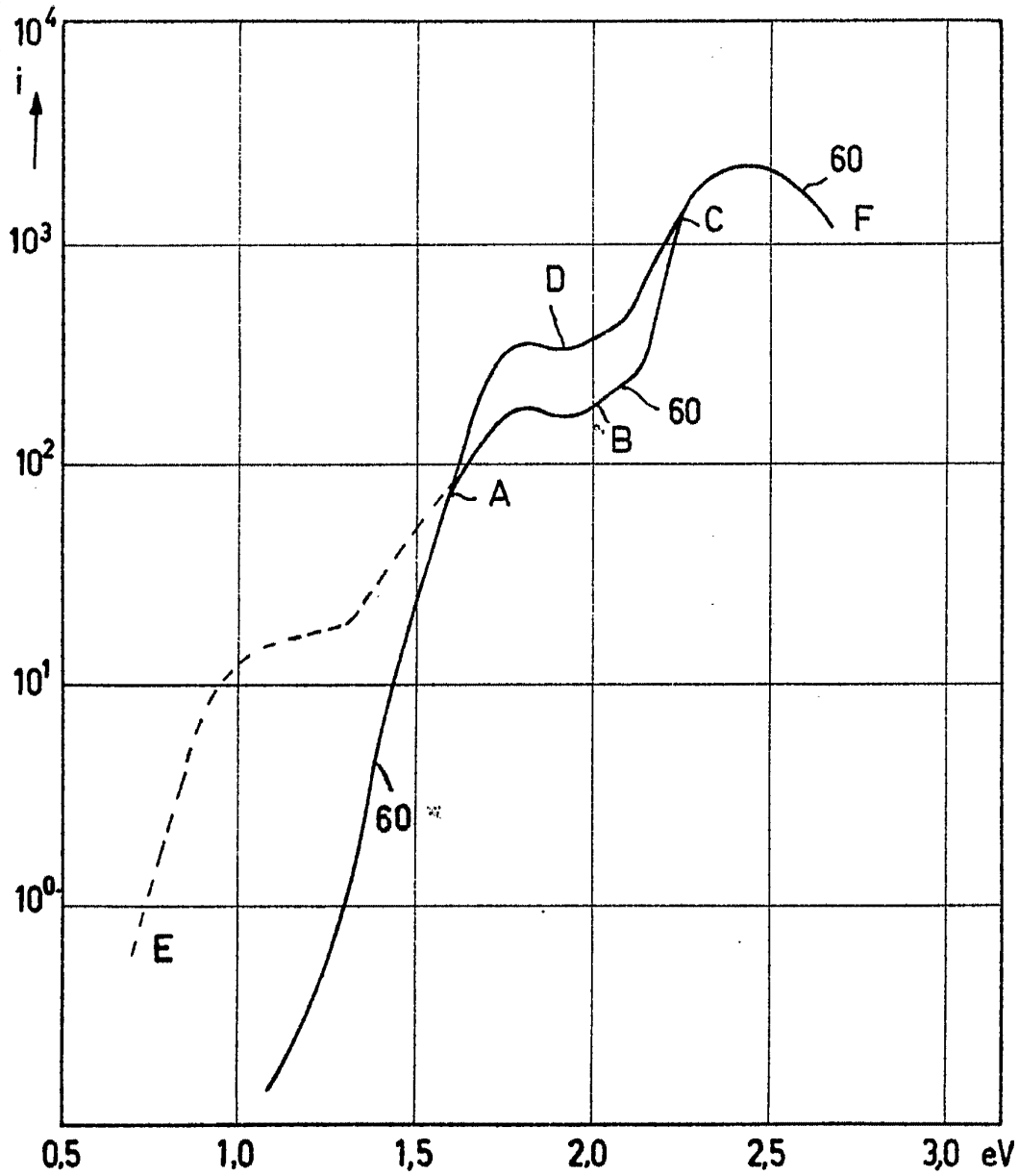
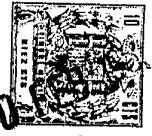


FIG5

Alberto de S. ...
Alberto de S. ...
Per Fede

A VARIABLE

3 091 86

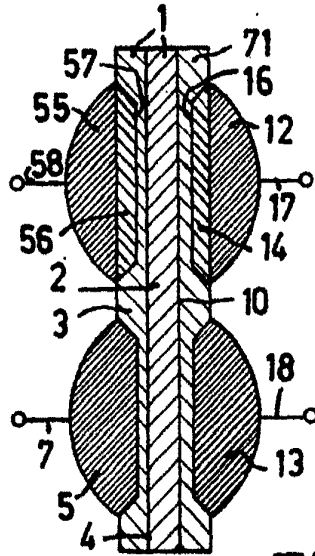


FIG. 6

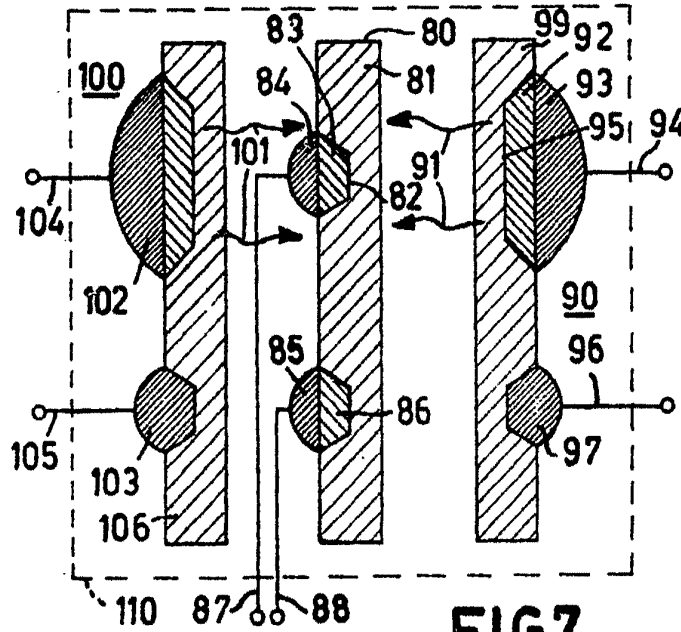


FIG. 7

Alberto da Costa
Filosofos

309186

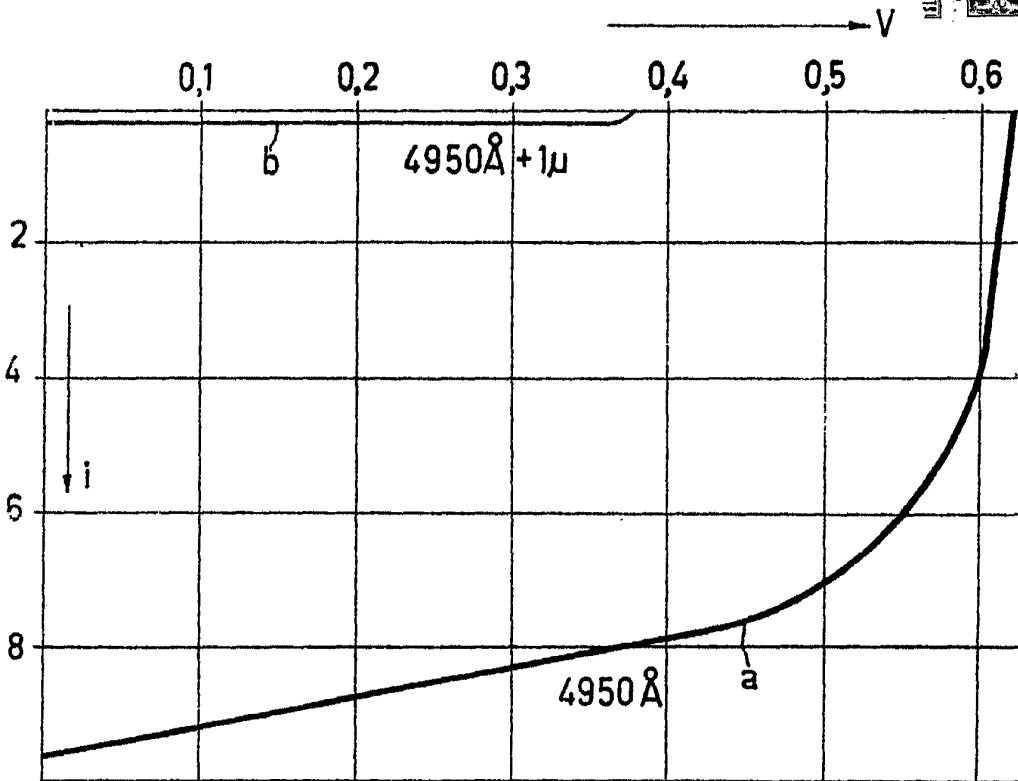


FIG.8

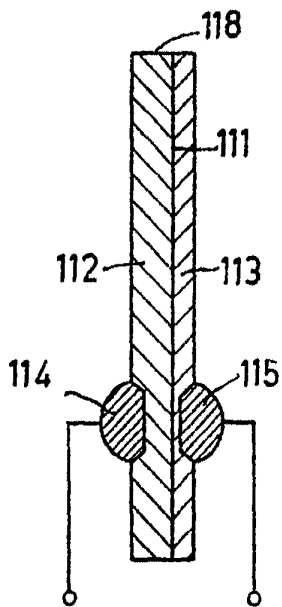


FIG.9

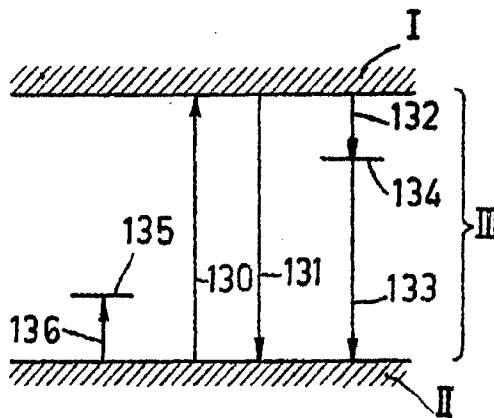


FIG.10

*Aluminum No. 111
Per Page*