

10 FEB 1958



309187

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 "UNA DISPOSICION PARA DETECTAR RADIACION"

El invento se refiere a una disposición para detectar radiación que comprende un detector de radiación que tiene un cuerpo semiconductor fotosensible con una unión p-n y a cuyo cuerpo es suministrada la radiación a ser detectada. El
5 invento se refiere asimismo a un detector de radiación para uso en tal disposición.

En tales disposiciones un cuerpo semiconductor fotosensible está provisto de dos contactos, uno a cada lado de la unión p-n, mientras que la radiación a ser detectada inci-
10 de contra el cuerpo semiconductor en las proximidades de la

3 0 9 1 8 7



unión p-n, generalmente a una distancia de la unión p-n menor que algunas longitudes de difusión de los portadores de cargas libres. La radiación incidente produce una tensión eléctrica a través de los electrodos y/o una corriente eléctrica en un circuito externo entre los electrodos, siendo el valor de esa tensión y/o corriente una medida de la intensidad de la radiación incidente. La unión p-n puede estar polarizada en la dirección inversa, midiéndose la corriente producida por la radiación incidente.

10 La radiación a ser detectada debe ser capaz de generar portadores de cargas libres en el cuerpo semiconductor fotosensible que den lugar a una fototensión y/o fotocorriente. Los portadores de cargas libres pueden ser generados, por ejemplo, por radiación que tiene una energía cuántica
15 suficiente para hacer que los electrones en el cuerpo semiconductor fotosensible pasen desde la banda de valencia a la banda de conducción. En este procedimiento se producen electrones libres en la banda de conducción y hoyos libres en la banda de valencia.

20 La radiación que tiene una energía cuántica suficiente para hacer que los electrones pasen desde la banda de valencia a la banda de conducción tiene una energía cuántica al menos igual a la anchura de la banda prohibida en el cuerpo semiconductor. Ello significa que, de esta manera, la radiación que tiene una longitud de onda grande, tal como la radiación roja e infrarroja, es decir, la radiación que tiene una pequeña energía cuántica, solamente puede ser detectada por medio de un cuerpo semiconductor fotosensible con una unión p-n y que tiene una pequeña anchura de la banda prohibida.
25
30



Por consiguiente, sólo puede obtenerse una salida pequeña con tal cuerpo semiconductor fotosensible, mientras que la dependencia de la temperatura puede ser grande en comparación, pues con el aumento de anchura de la banda prohibida puede obtenerse un aumento de salida mientras que generalmente disminuye la dependencia de la temperatura.

Es posible usar un cuerpo semiconductor fotosensible que tiene una anchura mayor de la banda prohibida incorporando en el cuerpo una impureza cuya impureza da lugar a un nivel intermedio que está profundo en la banda prohibida de tal manera que puede hacerse que los electrones pasen desde la banda de valencia a la banda de conducción en dos fases de transición por medio del nivel intermedio. Así, puede derivarse una salida mayor mientras que se disminuye la dependencia de la temperatura. Ello, sin embargo, da lugar al inconveniente de que para cada par de electrón y hoyo a ser creado no es uno sino que son dos los cuantos de la radiación a ser detectada que se requieren, a saber un cuanto de radiación para hacer que un electrón pase desde la banda de valencia al nivel intermedio y un segundo cuanto de radiación para hacer que el electrón pase desde el nivel intermedio a la banda de conducción. Por otra parte, el procedimiento de crear un par de electrón y hoyo por medio de un nivel intermedio es relativamente ineficaz si la radiación a ser detectada es sustancialmente monocromática, ya que generalmente las dos fase de transición son de tamaños diferentes.

Un objeto del invento es proporcionar una disposición para detectar radiación, especialmente radiación de longitud de onda larga, tal como radiación roja e infrarro-

3 0 9 1 8 7

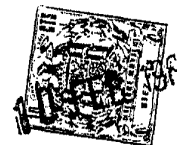


ja, que tiene una alta sensibilidad sobre una gama amplia de longitudes de onda juntamente con una pequeña dependencia de la temperatura y la posibilidad de derivar una salida grande.

5 De acuerdo con el invento, una disposición para detectar radiación que comprende un detector de radiación que tiene un cuerpo semiconductor fotosensible con una unión p-n a cuyo cuerpo se aplica la radiación a ser detectada, está caracterizada porque el cuerpo semiconductor fotosensible, al menos a un lado de la unión p-n, consiste en un material semiconductor en el cual pueden ser generados por 10 tadores de cargas libres, incluidos portadores de minoría, con la ayuda de radiación, mientras que la vida de los portadores de minoría libres presentes en el material semiconductor puede ser disminuída con ayuda de radiación que tiene una longitud de onda mayor que la de la radiación que genera portadores de cargas libres, habiéndose provisto una fuente de radiación que irradia el cuerpo semiconductor fotosensible con radiación que, al menos en una parte 15 considerable, consiste en los citados portadores de cargas libres que generan radiación, mientras que al cuerpo semiconductor fotosensible se aplican señales ópticas a ser detectadas las cuales, al menos en una parte sustancial, consisten en la citada radiación que disminuye la vida de los 20 portadores de minoría libres.

Se conocen materiales semiconductores en que puede obtenerse fotoconductividad por medio de radiación mientras que esa fotoconductividad puede disminuirse por medio radiación que tiene una longitud de onda más larga que la de la radiación que da lugar a la fotoconductividad. Este 30

3 0 9 1 8 7

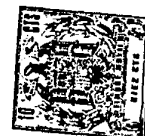


fenómeno se conoce generalmente en la bibliografía con el nombre de "amortiguación" ("quenching").

Aunque la amortiguación es un fenómeno generalmente conocido en la fotoconductividad, la amortiguación por medio de radiación incidente de una fotocorriente producida en un cuerpo semiconductor fotosensible que contiene una unión p-n no ha sido comprobada. El invento está basado en el reconocimiento de que cuando se disminuye la fotoconductividad por radiación incidente, esa disminución es debida al hecho de que la radiación incidente disminuye la vida de los portadores de cargas libres, que generalmente son los portadores de mayoría, mientras que la fotocorriente producida en un cuerpo semiconductor fotosensible que contiene una unión p-n es en gran medida dependiente de la vida de los portadores de minoría y, por consiguiente, a fin de reducir en este caso la fotocorriente por la radiación incidente, ha de reducirse la vida de los portadores de minoría. Dicho con otras palabras, la disminución (amortiguamiento) por medio de radiación incidente de una fotocorriente producida en un cuerpo semiconductor fotosensible que contiene una unión p-n puede efectuarse si el cuerpo semiconductor fotosensible, al menos a un lado de la unión p-n, consiste en un material semiconductor en que puede disminuirse la vida de los portadores de minoría libres con la ayuda de radiación.

La existencia de tales materiales semiconductores fué comprobada mediante experimentos realizados en relación con el invento. Estos experimentos se refirieron a un cuerpo semiconductor fotosensible de fosfuro de galio que tenía una unión p-n cuya parte de tipo p estaba acti-

3 0 9 1 8 7



vada con cobre. Se produjo una fotocorriente por irradiación con radiación de una longitud de onda de aproximadamente 5.000 Å. La parte de tipo p del cuerpo de fosfuro de galio fué subsiguientemente irradiada con radiación infrarroja de una longitud de onda de aproximadamente 1,2 micras. Como resultado, se disminuyó considerablemente la fotocorriente. Se lograron disminuciones de la fotocorriente a una milésima parte de su valor inicial y se comprobó también que ello proporcionaba un método especialmente sensible para detectar la presencia de radiación infrarroja.

La radiación infrarroja de una longitud de onda de aproximadamente 1,2 micras tiene una energía cuántica de aproximadamente 1 electrónvoltio, que es considerablemente menor que la anchura de la banda prohibida (aproximadamente 2,25 electrónvoltios) en fosfuro de galio. Esto significa que puede derivarse una salida grande mientras que la dependencia de la temperatura es pequeña en comparación con los dispositivos conocidos para detectar radiación infrarroja por medio de un cuerpo semiconductor fotosensible que tiene una unión p-n, pero que tiene una anchura de la banda prohibida como máximo igual a la energía cuántica de la radiación a ser detectada, pues la salida que puede ser derivada aumenta con el aumento en la anchura de la banda prohibida mientras que generalmente disminuye la dependencia de la temperatura.

Se ha comprobado además que ese cuerpo de fosfuro de galio tiene una amplia gama de sensibilidad y es sensible a la radiación infrarroja y roja de una energía cuántica comprendida entre aproximadamente 0,6 electronvoltios y aproximadamente 2,0 electrónvoltios.

309187

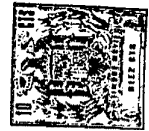


Parece que la disminución de la fotocorriente por la radiación incidente es debida a los siguientes procesos:

En la parte de tipo p del cuerpo de fosforo de galio la activación con cobre da lugar a un nivel aceptador espaciado de la banda de valencia en aproximadamente 0,57 electronvoltios. Si, por ejemplo, se generan portadores de cargas libres en la parte de tipo p por medio de radiación de una longitud de onda de aproximadamente 5.000 \AA , la vida de los portadores de minoría generados (electrones) viene determinada por la recombinación de electrones con hoyos. Esa recombinación puede tener lugar mediante transiciones de banda a banda y puede ser además fuertemente influida por centros de recombinación ("destructores"), que generalmente están presentes en el material semiconductor, ya que en la práctica son inevitables en la fabricación de fosforo de galio, y que por otra parte, si se desea, pueden ser incorporados intencionalmente durante la fabricación, mientras que el nivel de aceptador producido por el cobre no ejerce sustancialmente influencia alguna sobre la recombinación debido a que la sección transversal de captura de los centros de cobre no ocupados es pequeña para los electrones libres. El nivel aceptador producido por el cobre no está, al menos en gran medida, ocupado por electrones ya que el nivel de Fermi queda entre el nivel aceptador y la banda de valencia.

Cuando la parte de tipo p es irradiada con radiación infrarroja o roja que tiene una energía cuántica al menos igual a 0,57 electrónvoltios, son elevados electrones desde la banda de valencia al nivel aceptador por esa radiación. Como resultado, la concentración de hoyos en la banda

3 091 87



de valencia aumenta de tal manera que se promueve la re -
combinación de electrones con hoyos. Por consiguiente, la
vida de los electrones libres (portadores de minoría) es
acortada, lo que se traduce en una disminución de la foto-
5 corriente ya que la fotocorriente producida por irradiación
de la parte de tipo p es proporcional a la vida de los elec
trones libres.

Se apreciará que pueden encontrarse otros materia
les semiconductores y/o impurezas en que la disminución de
10 la vida de los portadores de minoría por irradiación puede
obtenerse análogamente a la que se comprueba en el fosfuro
de galio de tipo p activado con cobre, mientras que es tam
bién probable encontrar materiales semiconductores en los
que la disminución de la vida de los portadores de minoría
15 puede obtenerse por irradiación pero en los cuales tienen
lugar otros procedimientos, distintos a los descritos, en
el material semiconductor.

A la vista de lo anterior, una realización impor
tante de una disposición de acuerdo con el invento está ca-
20 racterizada porque la parte de tipo p del cuerpo semiconduc
tor fotosensible que está contigua a la unión p-n consiste
en un material semiconductor en el que pueden ser genera -
dos portadores de cargas libres, incluidos portadores de
minoría (electrones), por medio de radiación emitida por la
25 fuente de radiación, dependiendo la vida de los portadores
de minoría generados de la recombinación de electrones con
hoyos, mientras que el material semiconductor contiene ade
más un nivel aceptador que sustancialmente no ejerce influen
cia alguna sobre esa recombinación, estando el nivel de fer-
30 mi entre ese nivel de aceptador y la banda de valencia, mien



tras que la señal óptica a ser detectada consiste, al me-
nos en una parte considerable, en radiación que es capaz
de elevar electrones desde la banda de valencia al nivel
de aceptador con el resultado de que aumenta la concentra-
5 ción de hoyos en la banda de valencia, lo cual promueve la
recombinación de electrones con hoyos y disminuye la vida
de los portadores de minoría (electrones).

Una realización especialmente afortunada de una
disposición de acuerdo con el invento está caracterizada
10 porque 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 los portadores de cargas libres, in-
cluidos portadores de minoría (electrones), por medio de
15 la fuente de radiación, mientras que la parte de tipo p
contiene un nivel de aceptador producido por activación
con cobre, siendo aplicadas señales ópticas a ser detecta-
das a la parte de tipo p, cuyas señales consisten, al me-
nos en una parte sustancial, en radiación que tiene una
20 energía cuántica que es al menos igual a la distancia en-
tre el nivel de aceptador y la banda de valencia, cuya
distancia es de aproximadamente 0,57 electrónvoltios.

La fuente de radiación puede ser cualquier fuen-
te que emite radiación de la longitud de onda deseada, por
25 ejemplo, una lámpara de cinta de tungsteno provista de un
monocromador, tal como un filtro de interferencia. Prefe-
riblemente, sin embargo, la fuente de radiación es una
fuente de radiación de inyección y recombinación, que per-
mite una combinación constructiva muy compacta con el cuer-
30 po semiconductor fotosensible.

3 0 9 1 8 7



La fuente de radiación de recombinación puede tener adecuadamente un cuerpo semiconductor de fosforo de galio que contiene una unión p-n y del cual al menos la parte de tipo p contigua a la unión p-n está activada con cinc.

5 La fuente de radiación y el cuerpo semiconductor fotosensible están preferiblemente combinados para formar una combinación constructiva, por ejemplo, pueden estar dispuestos en una envolvente común, y si la fuente de radiación es una fuente de radiación de recombinación esa fuente de radiación de recombinación y el cuerpo semiconductor fotosensible pueden tener ventajosamente un cuerpo semiconductor común. Ello permite una construcción muy compacta que tiene pocos contactos.

15 El invento se refiere además a un detector de radiación para uso en una disposición de acuerdo con el invento que está caracterizado porque el detector de radiación comprende una combinación constructiva de un cuerpo semiconductor fotosensible con una unión p-n y una fuente de radiación, consistiendo el cuerpo semiconductor fotosensible, al menos a un lado de la unión p-n, en un material semiconductor en el cual pueden ser generados portadores de cargas libres, incluidos portadores de minoría, por irradiación mediante la 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 más larga que la de la citada radiación que genera portadores de cargas libres, existiendo medios que permiten que las señales ópticas a ser detectadas lleguen al cuerpo semiconductor fotosensible. Tales
25
30 medios pueden consistir en una lente o ventanilla en una



envolvente de la combinación constructiva, a través de cuya lente o ventanilla las señales ópticas a ser detectadas pueden llegar al cuerpo semiconductor fotosensible.

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 que se acompañan en los cuales;

La rig. 1 ilustra esquemática y parcialmente en sección transversal una realización de una disposición para detectar radiación de acuerdo con el invento;

La Fig. 2 ilustra dos curvas características de corriente y tensión de un cuerpo semiconductor fotosensible usado en la disposición representada en la rig. 1 que se han obtenido por irradiación mediante clases diferentes de radiación;

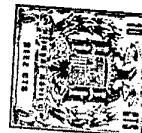
La rig. 3 es un diagrama de energía de un cuerpo semiconductor fotosensible usado en una realización de una disposición de acuerdo con el invento;

La rig. 4 es una vista en sección transversal esquemática de una realización de un cuerpo semiconductor fotosensible juntamente con una fuente de radiación de inyección y recombinación, y

La rig. 5 es una vista esquemática en sección transversal de una realización de un cuerpo semiconductor fotosensible juntamente con una fuente de radiación de inyección y recombinación que tiene un cuerpo semiconductor común.

La disposición para detectar radiación representada en la rig. 1 comprende un detector de radiación (1, 20) que tiene un cuerpo semiconductor fotosensible 2 que contiene una unión p-n 3 y a la cual se aplica la radiación 38 a

3 0 9 1 8 7



ser detectada. El cuerpo semiconductor fotosensible 2 con -
siste, al menos a un lado de la unión p-n 3, en un material
semiconductor en el cual pueden ser generados portadores de
cargas libres, incluidos portadores de minoría, por medios
5 de radiación, mientras que la vida de los portadores de mi-
noría libres presentes en el material semiconductor puede
ser disminuída por medio de radiación que tiene una longi-
tud de onda más larga que la de la radiación que genera por
tadores de cargas libres, habiéndose provisto una fuente de
10 radiación 20 que irradia al cuerpo semiconductor fotosensi-
ble 2 con radiación 37 que consiste, al menos en una parte
considerable, en la citada radiación que genera portadores
de cargas libres, al tiempo que son suministradas al cuerpo
semiconductor fotosensible 2 señales ópticas 38 que han de
15 ser detectadas y que consisten, al menos en una parte con-
siderable, en la citada radiación que disminuye la vida de
los portadores de minoría libres.

La fuente de radiación 39 puede ser cualquier fuen-
te cuya radiación emitida 38 haya de ser detectada.

20 En una realización ventajosa del dispositivo de
acuerdo con el invento, el cuerpo semiconductor fotosensi-
ble 2 consiste en fosfuro de galio. El cuerpo semiconductor
fotosensible 2 puede tener, por ejemplo, conductividad de
tipo p mientras que la unión p-n 3 es producida aleando un
25 contacto 5. En una parte 9 de tipo p pueden ser generados
portadores de cargas libres, incluidos portadores de mino-
ría (electrones), por medio de radiación 37, Puesto que la
anchura de la banda prohibida de fosfuro de galio es de
aproximadamente 2,25 electrón voltios, pueden ser genera-
30 dos portadores de cargas libres por radiación 37 que tiene

309187



una longitud de onda de aproximadamente 5.600 Å. Si se desea, la radiación 37 que genera portadores de cargas libres puede tener una longitud de onda materialmente más corta que 5.600 - Å, por ejemplo, una longitud de onda de aproximadamente 4.400. La parte de tipo p 9 está activada con cobre. El cobre da un nivel de aceptador separado de la banda de valencia por aproximadamente 0,57 electrón voltios. Las señales ópticas 38 a ser detectadas son suministradas a la parte 9 de tipo p y consisten, al menos en una parte considerable, en radiación que tiene una energía cuántica que es al menos igual a la distancia entre el nivel aceptador y la banda de valencia (aproximadamente 0,57 electrón voltios).

Las dimensiones del cuerpo de fosforo de galio 2 pueden ser, por ejemplo, de aproximadamente 3 mm. x 3 mm x 0,2 mm. Puede estar activado con cobre por difusión de cobre en el cuerpo de fosforo de galio 2 a una temperatura comprendida entre aproximadamente 800°C y 1.000°C. El cobre puede ser primeramente aplicado a una superficie del cuerpo de fosforo de galio por depósito desde la fase de vapor, durante cuyo procedimiento el cuerpo de fosforo de galio puede ser calentado a una temperatura comprendida entre aproximadamente 350°C y 500°C.

El contacto 5 puede ser provisto aleando estaño a una temperatura comprendida entre aproximadamente 400°C y 700°C durante un tiempo que preferiblemente es inferior a 1 segundo. Como resultado, se obtienen una región recristalizada 4 de tipo n y la unión 3 p-n.

Puede proveerse un contacto sustancialmente óhmico 7 aleando oro que contiene aproximadamente el 4% en peso de cinc, a la misma temperatura y durante el mismo pe -

3 0 9 1 8 7



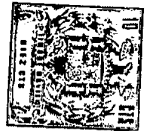
ríodo que los empleados para proporcionar el contacto de es-
taño 5. Ello da por resultado una región recristalizada 10
de tipo p. Los contactos 5 y 7 pueden tener un diámetro (me-
dido paralelamente a la superficie del cuerpo semiconductor)
5 de aproximadamente 0,5 mm.

El cuerpo semiconductor fotosensible 2 juntamente
con los contactos 5 y 7 se han designado por el número 1.

Los contactos 5 y 7 pueden estar provistos de con-
ductores de conexión 6 y 8 de una manera corrientemente usg
10 da en la tecnología de los semiconductores.

A los conductores 6 y 8 puedé ser conectado un
instrumento de medida 40 para medir la fotocorriente.

Cuando el cuerpo semiconductor fotosensible 1 es
irradiado con la radiación 37, se obtiene una fotocorriente
15 que está indicada por el instrumento de medida 40. Si se
aplican entonces señales ópticas 38 al cuerpo semiconductor
fotosensible 1, la fotocorriente puede disminuir hasta apro-
ximadamente una milésima parte de su valor inicial. Dicho
con otras palabras, el cuerpo semiconductor fotosensible 1
20 y la fuente de radiación 20 constituyen juntamente un detec-
tor de radiación especialmente sensible. Ese detector de ra-
diación (1, 20) es sensible a la radiación infrarroja y
a la roja 38 que tiene una energía cuántica comprendida en
la gama entre aproximadamente 0,6 electrón voltios y 2,0
25 electrón voltios, y por consiguiente tiene una amplia gama
de sensibilidad. El detector de radiación (1, 20) tiene una
dependencia de la temperatura especialmente pequeña a la vez
que pueden derivarse de él grandes potencias. Una de las ra-
zones de ello es la gran anchura de la banda prohibida (apro-
ximadamente 2,25 electrón voltios) del cuerpo de fosfuro de
30



galio 2, en comparación con la energía cuántica (entre 0,6 electrón voltios y 2,0 electrón voltios) de la radiación 38 a ser detectada.

En la fig. 2 la curva a representa la fotocorriente A en unidades arbitrarias en función de la tensión V en voltios establecida a través de los contactos 5 y 7, cuya fotocorriente se obtiene al irradiar el cuerpo semiconductor fotosensible 2 con radiación 37 que tiene una longitud de onda de aproximadamente 4.950 \AA . Cuando el cuerpo semiconductor fotosensible 2 es simultáneamente irradiado por radiación 38 que tiene una longitud de onda de aproximadamente una micra, (que corresponde a aproximadamente 1, 2 electrón voltios) se obtiene la curva b. Esto muestra que la radiación 38 disminuye grandemente la fotocorriente A.

Puesto que la fotocorriente es en gran medida dependiente de la vida de los portadores de minoría, parecería que la radiación infrarroja o roja 38 disminuye la vida de los electrones en la parte de tipo p 9 del cuerpo de fosfuro de galio 2. Se considera que ello puede explicarse de la siguiente manera.

El cobre da lugar a un nivel aceptador 41 (Fig. 3) en la banda prohibida III espaciada por una distancia de aproximadamente 0,57 electrón voltios desde la banda de valencia II. El material semiconductor tiene conductividad de tipo p y por consiguiente no hay sustancialmente electrones (portadores de minoría) en la banda de conducción I. Los electrones son elevados desde la banda de valencia II a la banda de conducción I por medio de la radiación 37 (fig. 1). Estas transiciones se han indicado mediante la flecha 43 en la fig. 3. Los electrones que son

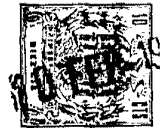
3 091 87



así transferidos a la banda de conducción I producen la fotocorriente, la cual depende de la vida de esos electrones. Esa vida viene determinada por la velocidad a la cual se re-combinan los electrones de la banda de conducción I con los
5 hoyos de la banda de valencia II. Los electrones pueden llegar a la banda de valencia II directamente por transiciones de banda a banda (flecha 44) y/o indirectamente por transi-
ciones 45 y 46 por medio de un nivel 42 producido por un cen-
tro de recombinación (destructor). Generalmente hay presen-
10 tes centros de recombinación en el material semiconductor y, si se desea, puede aumentarse la concentración de centros de recombinación de un modo conocido.

También puede tener lugar recombinación por medio del nivel de cobre 41, sin embargo, la recombinación por
15 medio de ese nivel 41 es lenta comparada con la recombinación por transiciones de banda a banda (43) y/o la recombinación por las transiciones 45 y 46 por medio del nivel 42. Por con-
siguiente, el nivel de cobre 41 no ejerce sustancialmente in-
fluencia alguna en la recombinación y la vida de los electro-
20 nes de la banda de conducción.

Pueden ser elevados electrones desde la banda de valencia al nivel de cobre 41 por una transición 47 por medio de radiación 38 (fig. 1) que tiene una longitud de onda más
larga que la de la radiación 37 que genera portadores de car-
25 gas libres, pero una energía cuántica que es al menos igual a la distancia entre el nivel aceptador 41 producido por el cobre y la banda de valencia (aproximadamente 0,47 electrón voltios). Se aumenta así la concentración de hoyos en la ban-
da de valencia y, dado que la velocidad de recombinación de-
30 pende también de la concentración de hoyos en la banda de va



lencia, la recombinación entre electrones y hoyos es acelerada, lo que acorta la vida de los electrones en la banda de conducción. Se ha comprobado que realmente la fotocorriente es disminuíble solamente por radiación que tiene una energía cuántica que es al menos igual a unos 0,57 electrónvolts.

Para capacitar a los electrones para ser elevados al nivel de cobre 41 por la transición 47, ese nivel de cobre 41 debe estar desocupado, al menos en una gran parte, y por consiguiente el nivel de Fermi debiera estar entre el nivel de cobre 40 y la banda de valencia II. Como es sabido, el emplazamiento del nivel de Fermi es controlable mediante el control de la carga del cuerpo semiconductor.

Se apreciará que además del fosforo de galio de tipo p activado con cobre, pueden encontrarse otros materiales semiconductores y/o impurezas en que pueda acortarse la vida de los portadores de minoría mediante procedimientos de la clase anteriormente descrita. En términos generales, deberán ser satisfechas las siguientes condiciones.

La parte de tipo p 9 del cuerpo semiconductor fotosensible 2 que está contigua a la unión p-n (Fig. 1) debería consistir en un material semiconductor en que puedan ser generados portadores de cargas libres, incluidos portadores de minorías (electrones), por medio de radiación emitida por la fuente de radiación 20, siendo la vida de los portadores de minoría generados dependiente de la recombinación de electrones con hoyos, mientras que el material semiconductor debería contener además un nivel aceptador 41 que sustancialmente no influye en esa recombinación, estando situado el nivel de Fermi entre ese nivel

3 0 9 1 8 7



aceptador 41 y la banda de valencia II, mientras que las se-
ñales ópticas a ser detectadas debieran consistir en radia -
ción 38 capaz de elevar electrones desde la banda de valencia
II al nivel aceptador 41, con el resultado de que se aumenta
5 la concentración de hoyos en la banda de valencia II, lo que
promueve la recombinación de electrones en los hoyos y dismi-
nuye la vida de los portadores de minoría (electrones).

La fuente de radiación 20 es preferiblemente una
fuente de radiación de inyección y recombinación que propor-
10 ciona la radiación de recombinación deseada 37. La fuente de
radiación de inyección y recombinación 20 puede ser un cuer-
po de fosfuro de galio 21 de aproximadamente 3 mm x 3 mm x 0,2
mm el cual, mediante activación con cinc, muestra conductivi-
dad de tipo p. La región recristalizada 23 de tipo n y la
15 unión 22 p-n se obtienen aleando un contacto de estaño 24 a
una temperatura comprendida entre aproximadamente 400°C y
700°C durante un tiempo que preferiblemente es inferior a
1 segundo. El contacto de estaño 24 pueda tener un diámetro
de aproximadamente 1,5 mm. Se obtiene un contacto sustancial
20 mente óhmico 26 que tiene un diámetro de, por ejemplo, 0,5
mm. aleando oro que contiene aproximadamente el 4% en peso
de cinc en las mismas condiciones en que se alea el contac-
to de estaño 24. Los contactos 24 y 26 son provistos de con-
ductores 25 y 27 por un método conocido.

25 Si se hace que circule una corriente hacia adelan-
te a través de la unión p-n 22 por los conductores 25 y 27,
se produce una radiación de recombinación 37 que tiene una
longitud de onda de aproximadamente 5.600 Å que es capaz de
generar electrones y hoyos libres en la parte 9 de tipo p
30 del cuerpo de fosfuro de galio 2.



Es de hacer notar que, si se desea, la fuente de radiación 20 puede ser un laser de inyección y recombinación.

El cuerpo semiconductor fotosensible 2 provisto de los contactos 5 y 7 y la fuente de radiación 20, que jun
5 tamente forman un detector de radiación (1, 20), se combinan preferiblemente para formar una combinación de estructura constructiva. Por ejemplo, puede estar presente una envolvente común (indicada mediante una línea de rayas 35).
10 La combinación de estructura constructiva contiene medios, tales como una abertura 36 en la envolvente 35 en que puede ser montada una ventanilla o lente, lo que permite aplicar al cuerpo semiconductor fotosensible 2 señales ópticas 38 a ser detectadas.

En la realización descrita con referencia a la fig. 1, las uniones p-n 3 y 22 se obtienen aleando los con
15 tactos 5 y 24, respectivamente, Como alternativa, pueden usarse uniones p-n, obtenidas por métodos de difusión y/o epitaxiales. En la fig. 4 se han ilustrado esquemáticamente una realización que comprende un cuerpo semiconductor
20 fotosensible 50 provisto de una unión p-n 51 por métodos de difusión o epitaxiales y una fuente de radiación de inyección y recombinación 60 que tiene un cuerpo semiconductor 61 que está provisto, análogamente, de una unión p-n
25 62 por métodos de difusión o epitaxiales. La radiación a ser detectada está indicada por el número 38 y la radiación de la fuente de radiación 60 por el número 37.

El cuerpo semiconductor fotosensible 50 puede con
sistir de nuevo en fosfuro de galio activado con cobre mien
30 tras que a ese cuerpo 50 de tipo p se aplica una capa de

3 0 9 1 8 7



fosfuro de galio epitaxial 52 de tipo n, la cual puede estar activada con oxígeno, por un método corrientemente usado en la tecnología del semiconductor, con el resultado de que se obtiene una unión p-n 51. El cuerpo 50 y la capa 51 están provistos de conductores de conexión 53 y 54, respectivamente.

La unión p-n 51 puede ser obtenida alternativamente por difusión de una impureza en el cuerpo semiconductor fotosensible. Por ejemplo, puede ser difundido cobre en un cuerpo de fosfuro de galio de tipo n a una temperatura comprendida entre aproximadamente 800°C y 1.000°C.

El cuerpo semiconductor 61 de la fuente 60 puede ser, por ejemplo un cuerpo de fosfuro de galio de tipo n en que es producida una unión p-n 62 por difusión de cinc a una temperatura de aproximadamente 900°C. En este caso, también la unión p-n 62 puede ser obtenida alternativamente por un método epitaxial. La fuente de radiación 60 está provista de conductores de conexión 63 y 64.

El cuerpo semiconductor fotosensible 50 y la fuente de radiación 60 están también preferiblemente combinados para formar una unidad constructiva y pueden tener una envoltura común.

El cuerpo semiconductor fotosensible 50 y el cuerpo semiconductor 61 de la fuente de radiación 60 pueden formar parte, ventajosamente, de un cuerpo semiconductor común. En la fig. 5, se ha representado esquemáticamente una realización que incluye tal cuerpo semiconductor común 70.

Un cuerpo semiconductor 70 está hecho de fosfuro de galio y tiene una zona 71 de tipo p activada con cobre, una zona 72 de tipo n, que puede estar activada con oxígeno



y una zona 73 de tipo p activada con cinc. Por otra parte, hay dos uniones p-n 74 y 75, a la vez que se ha provisto a las zonas 71, 72 y 73 de conductores de conexión 76, 77 y 78, respectivamente. Las zonas 71 y 73 pueden ser obtenidas por difusión de cobre y de cinc, respectivamente, en el cuerpo semiconductor de tipo n inicial 70.

La unión p-n 75 está polarizada en la dirección hacia adelante a través de los conductores 77 y 78, con el resultado de que se obtiene una radiación de recombinación 37 que tiene una longitud de onda de aproximadamente 5.600 Å. La fotocorriente que aparece en la unión p-n 74 está derivada a través de los conductores 76 y 77. Esa fotocorriente puede ser disminuída por radiación 38 a ser detectada.

Se apreciará que el invento no queda limitado a las realizaciones descritas y que un experto en la técnica puede efectuar numerosas modificaciones sin rebasar el alcance del invento. Por ejemplo, una fotocorriente generada en el cuerpo semiconductor fotosensible 2 (fig. 1) por la fuente de radiación 20 puede ser compensada mediante una fuente de tensión que juntamente con el instrumento de medida 40 está conectada a los conductores 6 y 8, con el resultado de que el instrumento de medida 40 no indica corriente alguna. En este caso, las señales 38 a ser detectadas disminuyen la fotocorriente a ser compensada de tal manera que la fuente de tensión hace que circule una corriente que está indicada por el instrumento de medida 40. Por consiguiente, la detección de radiación se traduce en un aumento de la corriente indicada por el instrumento de medida 40, en lugar de una disminución. Por otra parte, las superficies semiconductoras sobre las que incide la radiación, y/o las

3 0 9 1 8 7



superficies a través de las cuales ha de emanar la radiación desde un cuerpo semiconductor, pueden ser provistas de capas antirreflectantes corrientemente usadas en óptica. Además, pueden ser generados portadores de cargas libres en el cuerpo semiconductor fotosensible no debidos a transiciones de banda a banda sino a elevación de electrones desde la banda de valencia a la banda de conducción en dos fases de transición por medio de un nivel intermedio adicional situado en la banda prohibida.

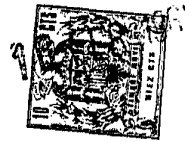
10 La presente solicitud que corresponde a la presentada en Holanda, con fecha 12 de febrero de 1.964, bajo el nº 6401190, se acoge a los beneficios del artículo 51 del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.

15

- N O T A -

Los puntos de invención propia y nueva que se presentan para que sean objeto de la presente solicitud de Patente de Invención en España, por VEINTE años, son los siguientes:

1.- Una disposición para detectar radiación que comprende un detector de radiación que tiene un cuerpo semiconductor fotosensible con una unión p-n a cuyo cuerpo es suministrada la radiación a ser detectada, caracterizado por que el cuerpo semiconductor fotosensible, al menos a un lado de la unión p-n, consiste en un material semiconductor en el cual pueden ser generados portadores de cargas libres, incluidos portadores de minoría, por medio 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 más larga que la de la radiación que genera portadores de cargas libres, 5 habiéndose previsto una fuente de radiación que irradia al cuerpo semiconductor fotosensible con radiación que, al menos en una parte considerable, consiste en la citada radiación que genera portadores de cargas libres, mientras que son suministradas señales ópticas a ser detectadas al cuerpo 10 semiconductor fotosensible las cuales consisten, al menos en una parte considerable, en la citada radiación que disminuye la vida de los portadores de minoría libres.

2.- Un disposición según el Punto 1, caracterizada porque la parte de tipo p del cuerpo semiconductor fotosensible contigua a la unión p-n consiste en un material semiconductor en el cual pueden ser generados portadores de 15 cargas libres, incluídos portadores de minoría (electrones), por medio de radiación emitida por la fuente de radiación, dependiendo la vida de los portadores de minoría generados de la recombinación de electrones con hoyos, mientras que 20 el material semiconductor contiene además un nivel aceptador que sustancialmente no influye en modo alguno en esa recombinación, estando el nivel de Fermi entre ese nivel aceptador y la banda de valencia, mientras que la señal óptica 25 a ser detectada consiste, al menos en una parte considerable, en radiación capaz de elevar electrones desde la banda de valencia al nivel aceptador de manera que se aumenta la concentración de hoyos en la banda de valencia, lo cual promueve la recombinación de electrones con hoyos y disminuye 30 la vida de los portadores de minoría (electrones).

3 0 9 1 8 7



3.- Una disposición según el Punto 1 ó el Punto 2, caracterizada porque el cuerpo semiconductor fotosensible consiste en fosfuro de galio, mientras que pueden ser generados portadores de cargas libres, incluidos portadores de minoría (electrones), por medio de la fuente de radiación al menos en la parte de tipo p del cuerpo semiconductor fotosensible contigua a la unión p-n, conteniendo la parte de tipo p un nivel aceptador producido mediante activación con cobre, siendo suministradas señales ópticas a ser detectadas a la parte de tipo p, cuyas señales consisten, al menos en una parte considerable, en radiación que tiene una energía cuántica que es al menos igual a la distancia entre el nivel aceptador y la banda de valencia, cuya distancia es de aproximadamente 0,57 electrónvoltios.

4.- Una disposición según cualquiera de los Puntos precedentes, caracterizada porque la fuente de radiación es una fuente de radiación de inyección y recombinación.

5.- Una disposición según el Punto 4, caracterizada porque la fuente de radiación de inyección y recombinación tiene un cuerpo semiconductor de fosfuro de galio que contiene una unión p-n y del cual al menos la parte de tipo y contigua a la unión p-n está activada con cinc.

6.- Una disposición según cualquiera de los Puntos precedentes, caracterizada porque la fuente de radiación y el cuerpo semiconductor fotosensible están combinados para formar una combinación de estructura constructiva.

7.- Una disposición según el Punto 4 ó el Punto 5 y el Punto 6, caracterizada porque la fuente de radiación de inyección y recombinación y el cuerpo semiconductor fotosensible tienen un cuerpo semiconductor común.



8.- Un dispositivo detector de radiación para uso en una disposición según cualquiera de los Puntos precedentes, caracterizado porque el detector de radiación comprende una combinación de estructura constructiva de un cuerpo semiconductor fotosensible que contiene una unión p-n y una fuente de radiación, consistiendo el cuerpo semiconductor fotosensible, al menos a un lado de la unión p-n, en un material semiconductor en el cual pueden ser generados portadores de cargas libres, incluidos portadores de minoría, por irradiación mediante la 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 más larga que la de la citada radiación que genera portadores de cargas libres, habiéndose provisto medios que permiten aplicar las señales ópticas a ser detectadas al cuerpo semiconductor fotosensible.

9.- Una disposición para detectar radiación.

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

La presente Memoria consta de veinticinco hojas, escritas a máquina por una sola cara.

Madrid, 10 FEB. 1965

[Handwritten signature]
Alcalde de Madrid
E. P. P.

09187

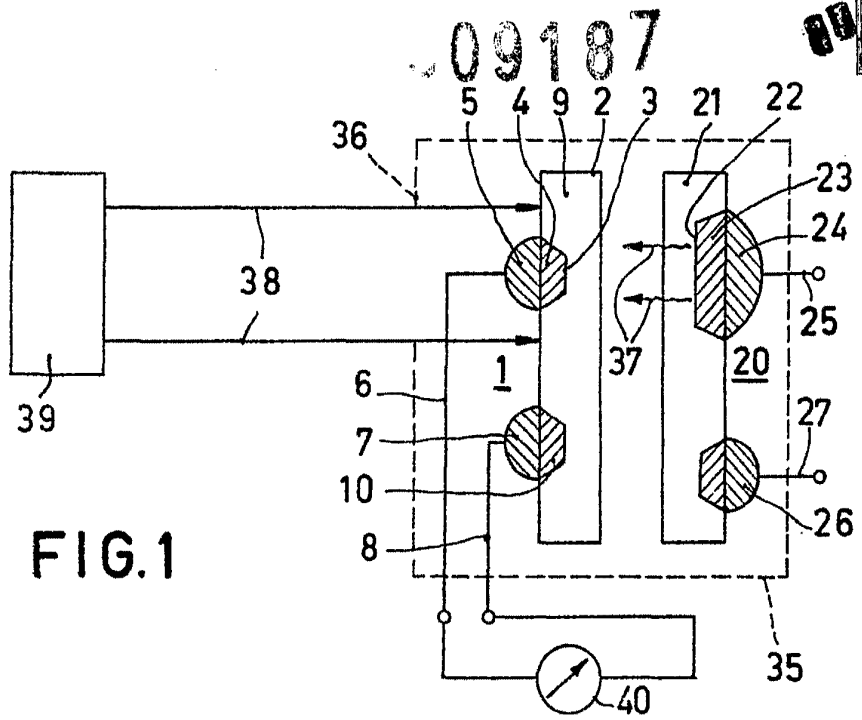


FIG. 1

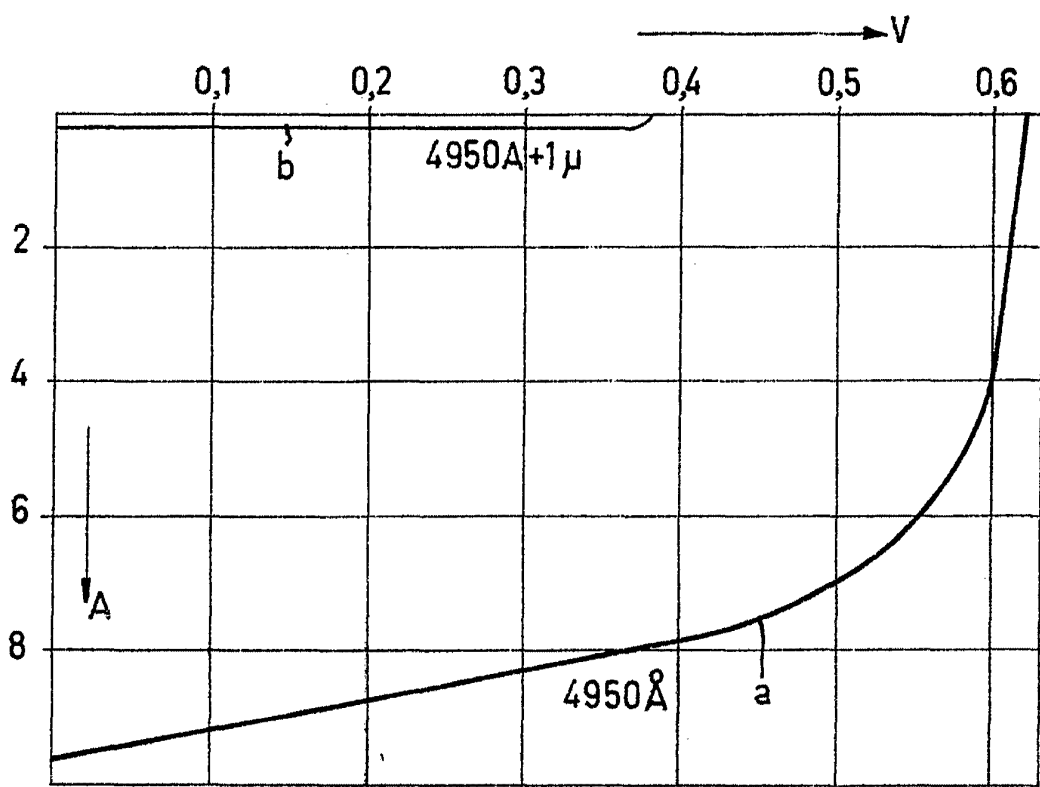
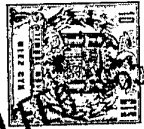


FIG. 2

Alberto de Elzabura
Ingeniero Electricista



309187

10 309187

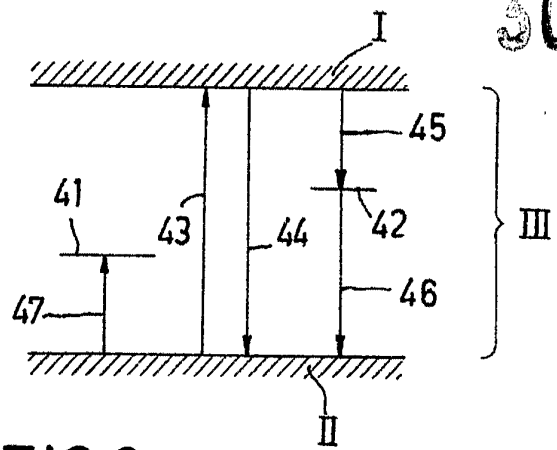


FIG. 3

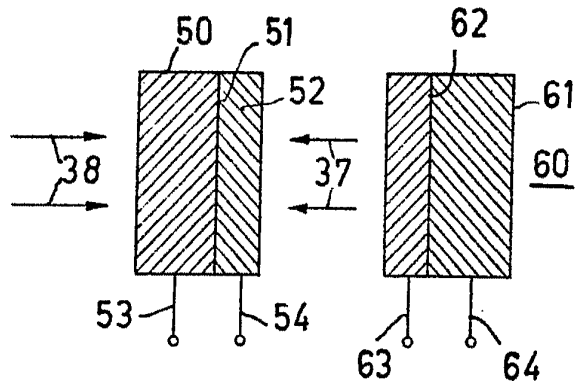


FIG. 4

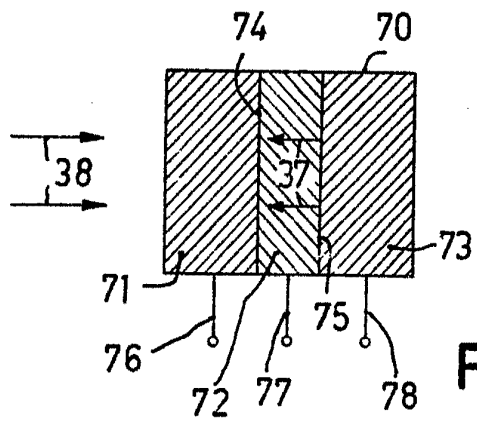


FIG. 5

Alberto de Elzaburu
 Por Poder