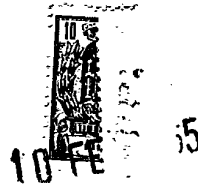


10 FEB 1965

PHN 75



309185

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

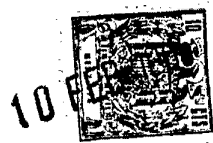
a nombre de N.V. PHILIPS! GLOEILAMPENFABRIEKEN, entidad holandesa, establecida en Emmasingel 29, Eindhoven, Holanda, por:

"UNA DISPOSICION PARA DETECTAR RADIACION"

El invento se refiere a una disposición para la detección de radiación, cuyo dispositivo comprende un detector de radiación que incluye un cuerpo semiconductor fotosensible al cual es suministrada la radiación a ser  
5 detectada.

El cuerpo semiconductor fotosensible puede estar provisto de dos electrodos y servir como un elemento de fotorresistencia, es decir, como un elemento de resistencia cuya resistencia eléctrica es disminuída por irradiación.  
10

309185



El cuerpo semiconductor fotosensible puede así mismo diseñarse como una célula fotovoltaica en que el cuerpo semiconductor fotosensible incluye una unión p-n a cada lado de la cual se ha provisto un electrodo. La radiación a ser detectada incide sobre el cuerpo semiconductor junto a la unión p-n, usualmente dentro de una distancia desde ella igual a algunas longitudes de difusión de los portadores de cargas libres en el cuerpo semiconductor, y produce un voltaje eléctrico en el electrodo y/o una corriente eléctrica en un circuito exterior entre esos electrodos.

Una unión p-n puede también estar polarizada en la dirección inversa, midiéndose la corriente producida por la radiación incidente.

Para la detección de radiación deben generarse portadores de carga libres en el cuerpo semiconductor fotosensible mediante la radiación a ser detectada. Ello puede efectuarse, por ejemplo, mediante electrones que son llevados desde la banda de valencia a la banda de conducción por la radiación incidente. En este proceso no solamente se obtienen electrodos libres en la banda de conducción sino además hoyos libres en la banda de valencia, de manera que el cuerpo semiconductor puede tomar la forma de una célula fotovoltaica.

Es de hacer notar que para capacitar a la radiación para ser detectada por medio de una célula fotovoltaica, la radiación a ser detectada debe generar tanto hoyos como electrones libres, mientras que para una célula de fotorresistencia es suficiente con que se generen o bien hoyos o bien electrones libres.



Por consiguiente, solamente puede detectarse la radiación que tiene longitudes de onda correspondientes a energías iguales o superiores a la anchura de la banda prohibida entre la banda de valencia y la banda de conducción. En numerosos casos ello implica una limitación no deseable de la sensibilidad espectral del cuerpo semiconductor fotosensible.

En una célula fotovoltaica en que el cuerpo semiconductor fotosensible incluye una región de tipo n que linda con una región de tipo p, la sensibilidad espectral del cuerpo semiconductor fotosensible cubre además en algunos casos una pequeña gama de longitudes de onda que corresponden a energías menores que la anchura de la banda prohibida, y esa gama de longitudes de onda linda con la gama de longitudes de onda que corresponden a energías superiores a la anchura de la banda prohibida. Ello es debido al hecho de que la región de tipo n incluye niveles donadores situados próximos a la banda de conducción mientras que para sustancialmente cada nivel donador, debido a la energía térmica, hay presente un electrón en la banda de conducción. En algunos casos es posible llevar un electrón por medios óptimos, es decir, por radiación incidente, desde la banda de valencia a un nivel donador mientras que, dado que el nivel donador está situado próximo a la banda de valencia, el electrón puede ser fácilmente llevado por medios térmicos desde el nivel donador a la banda de valencia. La región de tipo p incluye niveles aceptadores que están situados próximos a la banda de valencia y todos los cuales, sustancialmente, están ocupados por un electrón debido a ener-

3 091 85



gía térmica. En algunos casos un electrón puede ser lle  
vado por medios óptimos desde un nivel aceptador a la  
banda de valencia mientras que el nivel de aceptador de  
bido a la energía térmica es ocupado de nuevo por un  
5 electrón procedente de la banda de valencia. En algunos  
dispositivos conocidos, esa posibilidad de llevar elec-  
trones desde la banda de valencia a la banda de conduc-  
ción en dos fases de transmisión por medio de un nivel  
de donador o de aceptador, siendo una de esas fases de  
10 transición óptima y la otra térmica, se traduce en una  
pequeña prolongación de la sensibilidad espectral a ma-  
yores longitudes de onda las cuales corresponden a ener-  
gías menores que la anchura de la banda prohibida.

Se ha demostrado que es posible ampliar la sen-  
15 sibilidad espectral del cuerpo semiconductor fotosensi-  
ble sobre una gama mayor de longitudes de onda que co-  
rresponden a energías menores que la anchura de la banda  
prohibida, incorporando en el cuerpo semiconductor una  
impureza que se traduce en que un nivel de energía está  
20 más profundo en la banda prohibida, lo que obstaculiza  
la transición térmica de un electrón desde la banda de  
valencia a su nivel de energía o desde ese nivel de ener-  
gía a la banda de valencia. Con esa disposición pueden  
llevarse los electrones por medios óptimos desde la ban-  
25 da de valencia a la banda de conducción en dos fases de  
transición, por medio del nivel de energía situado pro-  
fundo en la banda prohibida. Así, el cuerpo semiconduc-  
tor fotosensible es asimismo sensible a la radiación de  
longitudes de onda que corresponden a energías menores  
30 que la anchura de la banda prohibida y al menos iguales



a la energía requerida para producir la fase de transición mayor, pues esa radiación es además capaz de producir la fase de transición menor. Ello proporciona una ampliación apreciable de la sensibilidad espectral del  
5 cuerpo semiconductor fotosensible.

Un objeto del presente invento es aumentar la sensibilidad del cuerpo semiconductor fotosensible a la radiación para longitudes de onda correspondientes a energías menores que la anchura de la banda prohibi-  
10 da.

Otro objeto del invento es hacer que la sensibilidad espectral del cuerpo semiconductor fotosensible se amplíe a una gama mayor de longitudes de onda correspondientes a energías menores que la anchura de la banda prohibida.  
15

De acuerdo con el invento, un dispositivo para detectar radiación que comprende un detector de radiación que incluye un cuerpo semiconductor fotosensible al cual es suministrada la radiación a ser detectada, está caracterizado porque el cuerpo semiconductor fotosensible contiene una banda prohibida en que hay presente un nivel de energía intermedio lo que resulta en que los electrones pueden ser llevados por medios óptimos desde la banda de valencia a la banda de conducción mediante una primera fase de transición desde la banda de valencia al nivel de energía intermedia y una  
25 segunda fase de transición desde el nivel de energía intermedio a la banda de conducción, mientras se suministra al cuerpo semiconductor fotosensible una señal  
30 óptima consistente en radiación de la cual al menos una

3 0 9 1 8 5



parte importante corresponde a la primera fase de transición y además una señal óptima consistente en radiación de la cual al menos una parte importante corresponde a la segunda fase de transición, siendo al menos una de las señales ópticas una señal óptica a ser detectada. La expresión "radiación correspondiente a una fase de transición" ha de entenderse que tiene el siguiente significado. La radiación correspondiente a la mayor de las dos fases de transición tiene una energía cuántica menor que la anchura de la banda prohibida y al menos igual a la energía requerida para dar origen a la fase de transición mayor. La radiación correspondiente a la fase de transición menor tiene una energía cuántica menor que la energía requerida para la fase de energía mayor y al menos igual a la energía requerida para producir la fase de transición menor y, por consiguiente, únicamente puede producir la fase de transición menor.

Sorprendentemente se ha comprobado que la sensibilidad del cuerpo semiconductor fotosensible a la radiación para longitudes de onda correspondiente a energías menores que la anchura de la banda prohibida, pero suficientes para producir la fase de transición mayor, puede ser considerablemente mejorada mediante irradiación simultánea por radiación que es capaz tan sólo de producir la fase de transición menor. De esta manera se ha obtenido ya en experimentos una sensibilidad tres veces mayor. Recíprocamente, el cuerpo semiconductor fotosensible que en sí mismo no es sensible a la radiación capaz únicamente de producir la fase de transición me-



nor, puede hacerse sensible a esa radiación mediante la irradiación además del cuerpo semiconductor con la radiación correspondiente a la fase de transición mayor.

La disposición incluye preferiblemente una fuente de radiación mediante la cual es aplicada una de las señales ópticas al cuerpo semiconductor fotosensible, siendo detectada la otra señal óptica. La fuente de radiación puede ser una fuente de radiación de inyección y recombinación y, ventajosamente, la fuente de radiación de inyección y recombinación y el cuerpo semiconductor fotosensible pueden tener un cuerpo semiconductor común. Ello permite una construcción muy compacta. Es de hacer notar que el cuerpo semiconductor común en el emplazamiento de la fuente de radiación de recombinación puede consistir en otro material semiconductor que el del área del cuerpo semiconductor fotosensible.

De acuerdo con el invento, una realización importante de una disposición para detectar radiación está caracterizada porque la fuente de radiación irradia al cuerpo semiconductor fotosensible sustancialmente de modo continuo con radiación de la cual al menos una parte importante corresponde a la mayor de las dos fases de transición, mientras que la señal óptica a ser detectada consiste, al menos en una parte importante, en radiación correspondiente a la menor de las dos fases de transición. En esta disposición se utiliza el hecho de que el cuerpo semiconductor fotosensible se hace adecuado para detectar radiación capaz únicamente de producir la fase de transición menor mediante irradiación con radiación capaz de producir la fase de transición mayor. Así, la fuente

3 091 85



te de radiación se usa en principio como una fuente de radiación auxiliar, lo que resulta en un detector de radiación que, además de una sensibilidad espectral a la radiación de longitudes de onda correspondientes a energías que superan la anchura de la banda prohibida, tiene una sensibilidad espectral a la radiación de longitudes de onda correspondientes a energías menores que la anchura de la banda prohibida y al menos iguales a la energía requerida para la fase de transición menor. Por tanto, el cuerpo semiconductor fotosensible puede tener, por ejemplo, una sensibilidad espectral que se extiende desde la radiación de luz visible a la de infrarrojos y que tiene una longitud de onda de aproximadamente dos micras.

Otra realización importante de la disposición de acuerdo con el invento está caracterizada porque la fuente de radiación irradia al cuerpo semiconductor fotosensible de manera sustancialmente continua con radiación de la cual al menos una parte importante corresponde a la menor de las dos fases de transición, mientras que la señal óptica a ser detectada consiste, al menos en una parte importante, en una radiación correspondiente a la mayor de las dos fases de transición. En esta realización se utiliza el hecho de que la sensibilidad del cuerpo semiconductor fotosensible a la radiación que es capaz de producir la fase de transición mayor y tiene longitudes de onda que corresponden a energías menores que la anchura de la banda prohibida, puede ser aumentada considerablemente por irradiación con radiación que es capaz solamente de producir la fase de transición menor.

En un detector de radiación de acuerdo con el



invento, los electrones pueden ser llevados por medios ópticos desde la banda de valencia a la banda de conducción por medio del nivel de energía intermedio. En este proceso se producen portadores de cargas libres en forma de electrones en la banda de conducción y en forma de ho-  
5 yos en la banda de valencia. Por consiguiente, el cuerpo semiconductor fotosensible puede diseñarse ventajosamente como una célula fotovoltaica, y otra realización importante de una disposición de acuerdo con el invento es  
10 tá caracterizada porque el cuerpo semiconductor fotosensible contiene una unión p-n. Esta realización tiene además la importante ventaja de que la radiación a ser detectada, que es capaz de producir la fase de transición mayor o únicamente la fase de transición menor, es detec-  
15 tada en un cuerpo semiconductor fotosensible que contiene una unión p-n y en que la anchura de la banda prohibida supera a las energías cuánticas que corresponden a las longitudes de onda de la radiación a ser detectada. En dispositivos conocidos para detectar la misma radia-  
20 ción por medio de un cuerpo semiconductor fotosensible que contiene una unión p-n, generalmente se usa un cuerpo semiconductor en que la anchura de la banda prohibida es igual o menor que las energías cuánticas que corresponden a las longitudes de onda de la radiación a ser detectada,  
25 de tal manera que la radiación a ser detectada es capaz de llevar electrones directamente desde la banda de valencia a la banda de conducción. Puesto que la fototensión obtenible en los electrodos de un cuerpo semiconductor que contiene una unión p-n aumenta al aumentar la anchura de la banda prohibida, en un dispositivo de acuerdo  
30

3 091 85



5 con el invento puede obtenerse una mayor, fototensión en la detección de la citada radiación. Además, si ha de hacerse trabajar el cuerpo semiconductor fotosensible con una polarización que polariza la unión p-n en la dirección inversa, el hecho de que la tensión máxima inversa en el sentido inverso aumenta también al aumentar la anchura de la banda prohibida, permite aplicar una mayor tensión de polarización y una mayor salida en el caso de un detector de acuerdo con el invento.

10 La distancia entre el nivel intermedio y la banda de valencia y la distancia entre el nivel intermedio y la banda de conducción son preferiblemente hasta tal punto grandes que a la temperatura de trabajo no son llevados electrones por medios térmicos desde la banda de valencia al nivel intermedio o desde el nivel intermedio a la banda de valencia, o al menos hasta tal punto grandes que a la temperatura de trabajo el número de electrones que debido a la energía térmica son llevados desde el nivel intermedio o a éste, es tan pequeño que no produce  
15 influencia perturbadora significativa en la detección de la radiación deseada.

Suponiendo que la temperatura de trabajo sea la temperatura ambiente, la distancia entre el nivel intermedio y la banda de valencia y la distancia entre el nivel intermedio y la banda de conducción son preferiblemente de al menos 0,1 electrónvoltio.

25 Se han obtenido resultados especialmente satisfactorios con un cuerpo semiconductor fotosensible de fosforo de galio que, al menos en el emplazamiento en que la radiación de las señales ópticas es principalmente absorbida, está activado con cinc y oxígeno.



Si ha de ser detectada radiación que es capaz únicamente de producir la fase de transición menor, la fuente de radiación puede ser ventajosamente una fuente de radiación de inyección y recombinación que tiene un  
5 cuerpo semiconductor que consiste también en fosfuro de galio que, al menos junto a la unión p-n, está activado con cinc y oxígeno y que puede formar parte integrante del cuerpo semiconductor fotosensible.

La expresión "al menos junto a la unión p-n" ha de entenderse en el sentido de incluir "al menos a un  
10 lado de la unión p-n".

Si ha de ser detectada radiación de la cual una parte importante corresponde a la fase de transición mayor, la fuente de radiación puede ser ventajosamente  
15 una fuente de radiación de inyección y recombinación que tiene un cuerpo semiconductor de uno de los materiales semiconductores: arseniuro de galio y fosfuro de indio.

También puede usarse ventajosamente un cuerpo semiconductor fotosensible de fosfuro de aluminio. En  
20 cristales de fosfuro de aluminio no intencionadamente activado en que la anchura de la banda prohibida es de aproximadamente 2,42 electrónvoltios, se ha puesto de manifiesto la presencia de un nivel intermedio situado favorablemente espaciado a partir de la banda de valen-  
25 cia en aproximadamente 0,37 electrónvoltios.

El invento se refiere también a un detector de radiación para uso en una disposición para detectar radiación de acuerdo con el invento, que está caracte-  
rizado porque el detector de radiación comprende un cuer-  
30 po semiconductor fotosensible que tiene una banda prohi

3 0 9 1 8 5



bida en que hay presente un nivel de energía intermedio, lo que resulta en que pueden ser llevados electrones por medios ópticos desde la banda de valencia a la banda de conducción mediante una primera fase de transición desde la banda de valencia al nivel de energía intermedio y una segunda fase de transición desde el nivel de energía intermedio a la banda de conducción, estando el cuerpo semiconductor fotosensible combinado constructivamente con una fuente de radiación que es capaz de suministrar al cuerpo semiconductor fotosensible una señal óptica que consiste, al menos en una parte importante, en radiación correspondiente a una de las dos fases de transición, mientras que se han provisto medios que permiten que la radiación que ha de ser detectada y que corresponde a la otra fase de transición sea suministrada al cuerpo semiconductor fotosensible. Estos medios pueden consistir, por ejemplo, en una ventana que está provista en una envolvente común de la fuente de radiación y del cuerpo semiconductor fotosensible y a través de la cual las señales ópticas a ser detectadas pueden incidir contra el cuerpo semiconductor fotosensible.

A fin de que pueda ser fácilmente llevado a efecto 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:

La figura 1 ilustra esquemáticamente y parcialmente en sección una disposición para detectar radiación de acuerdo con el invento;

La figura 2 es un diagrama de energía de un cuerpo semiconductor fotosensible como el usado en el dis



positivo ilustrado en la figura 1;

La figura 3 es un gráfico que ilustra la sensibilidad espectral de un detector de radiación de acuerdo con el invento; y

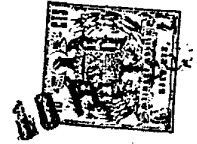
5 Las figuras 4 y 5 son vistas esquemáticas en sección transversal de otras realizaciones de un detector de radiación de acuerdo con el invento.

La disposición para detectar radiación ilustrada en la figura 1, comprende un detector de radiación  
10 que tiene un cuerpo semiconductor fotosensible 1 al cual es suministrada la radiación 13 a ser detectada. El cuerpo semiconductor fotosensible 1 tiene una banda prohibida en que hay presente un nivel de energía intermedio de manera que pueden ser llevados electrones por medios  
15 ópticos desde la banda de valencia a la banda de conducción en dos fases de transición por medio del nivel de energía intermedio. Dos señales ópticas 12 y 13 son aplicadas al cuerpo semiconductor fotosensible 1. Una de esas señales ópticas consiste en radiación de la cual al  
20 menos una parte importante corresponde a la fase de transición menor, mientras que la otra señal óptica consiste en radiación de la cual al menos una parte importante corresponde a la fase de transición mayor. La señal óptica 13 es la señal a ser detectada.

25 El cuerpo semiconductor fotosensible 1, puede consistir, por ejemplo, en fosfuro de galio activado con cinc y oxígeno. Otro material semiconductor adecuado es, por ejemplo, el fosfuro de aluminio.

30 El fosfuro de galio activado con cinc y oxígeno demuestra tener una banda prohibida III que tiene

309185



una anchura de aproximadamente 2,25 electrónvoltios e incluye un nivel de energía intermedio 30 (Figura 2) a una distancia de aproximadamente 0,45 electrónvoltios desde la banda de valencia II. Por consiguiente, la energía requerida para la fase de transición menor es de al menos aproximadamente 0,45 electrónvoltios y la energía requerida para producir la fase de transición mayor es, al menos aproximadamente, de 1,8 electrónvoltios. Por consiguiente, la radiación correspondiente a la fase de transición menor tiene en este caso una energía cuántica comprendida en el margen entre aproximadamente 0,45 electrónvoltios y aproximadamente 1,8 electrónvoltios, y la radiación correspondiente a la fase de transición mayor tiene una energía cuántica comprendida en la gama entre aproximadamente 1,8 electrónvoltios y aproximadamente 2,25 electrónvoltios.

Es de hacer notar que el nivel intermedio en la banda prohibida III del cuerpo semiconductor fotosensible a ser usado está preferiblemente espaciado de la banda de valencia II, y también de la banda de conducción I a una distancia de al menos 0,1 electrónvoltios, ya que en este caso no hay, o bien no hay sustancialmente, transiciones de electrones no convenientes producidas térmicamente desde la banda de impedancia al nivel intermedio o desde el nivel intermedio a la banda de conducción. El cuerpo de fosfuro de galio 1 de tipo p, que está activado con cinc y oxígeno, contiene una unión p-n 5 obtenida aleando un contacto de estaño 6 al cuerpo de tal manera que se produzca una región recristalizada 7 de tipo n. El cuerpo de fosfuro de galio está ade

3 091 85



más provisto de un contacto de conexión sustancialmente óhmico 8.

5 El cuerpo de fosfuro de galio 1 provisto de los contactos 6 y 8 puede obtenerse de la siguiente manera.

10 Un gramo de fosfuro de galio y cinco gramos de galio conteniendo aproximadamente el 0,1% en peso de cinc y aproximadamente el 0,2% en peso de oxígeno son cerrados herméticamente en una ampolla de cuarzo y calentados hasta aproximadamente 1.200°C durante aproximadamente dos horas. La totalidad se enfría luego a la temperatura ambiente en aproximadamente cuatro horas y se saca el contenido de la ampolla. Ese contenido se comprueba que consiste en galio que contiene cristales de fosfuro de galio de aproximadamente 3 mm x 3 mm x 0,2 mm. Los cristales de fosfuro de galio de tipo p pueden ser separados cuidadosamente del galio por medios mecánicos y cualquier galio residual puede ser eliminado de los cristales por ebullición en ácido clorhídrico (30%).

20 El contacto de estaño 6, que tiene un diámetro de aproximadamente 0,5 mm., puede obtenerse fundiendo estaño sobre el cuerpo semiconductor a una temperatura de aproximadamente 400°C a 700°C durante un período de tiempo que preferiblemente es inferior a 1 segundo. El contacto de conexión 8, que tiene también un diámetro de aproximadamente 0,5 mm. puede obtenerse fundiendo oro que contiene aproximadamente el 4% en peso de cinc, sobre el cuerpo semiconductor en las mismas condiciones. Los contactos 6 y 8 pueden estar provistos de conductores de alimentación 9 y 10 de una manera co-

25

30

3 0 9 1 8 5



rrientemente usada en la técnica de los semiconductores.

El dispositivo ilustrado en la Figura 1 incluye una fuente de radiación 2 para aplicar la señal óptica 12 al cuerpo semiconductor fotosensible.

La señal óptica 13 a ser detectada es suministrada por una fuente de radiación arbitraria 3 que puede estar distanciada del cuerpo semiconductor fotosensible 1 a una distancia grande.

En una realización importante, la fuente de radiación 2 irradia al cuerpo semiconductor fotosensible 1 sustancialmente de manera continua con radiación 12 que corresponde a la fase de transición mayor (1,8 electrónvoltios), mientras que la radiación 13, de la cual al menos provisionalmente una parte importante consiste en radiación que corresponde a la fase de transición menor (0,45 electrónvoltios) y que está producida por las fuentes de radiación 3, es detectada. La fuente de radiación 2 sirve como fuente de radiación auxiliar que hace al cuerpo semiconductor fotosensible 1 sensible a la radiación 13 que es capaz únicamente de producir la fase de transición menor. La fuente de radiación 2 y el cuerpo semiconductor fotosensible 1, juntamente, constituyen un detector de radiación para las radiaciones 13. La longitud de onda de la radiación 12 es, por ejemplo, de aproximadamente  $7.000 \text{ \AA}$ , que corresponde a una energía cuántica de aproximadamente 1,8 electrónvoltios, mientras que la radiación 13 a ser detectada tiene principalmente una longitud de onda de, por ejemplo, aproximadamente 1,2 micras, y corresponde a aproximadamente 1



electrónvoltio. Como se ha mencionado en lo que antecede, en la realización que se está considerando la radiación 13 a ser detectada puede tener una longitud de onda que corresponde a energías situadas en la gama comprendida entre aproximadamente 0,45 electrónvoltios y aproximadamente 1,8 electrónvoltios, sin embargo, a la vista de la sensibilidad del cuerpo semiconductor fotosensible el dispositivo es particularmente adecuado para la detección de radiación de una longitud de onda que corresponde a energías situadas en la gama entre aproximadamente 0,7 electrónvoltios y aproximadamente 1,5 electrónvoltios.

En la figura 3, la corriente de cortocircuito  $i$  en un circuito externo 14 entre los electrodos 9 y 10 del cuerpo semiconductor fotosensible 1 se ha representado gráficamente a escala logarítmica (con base 10) en unidades arbitrarias como una función de la longitud de onda de la radiación incidente, que ha sido convertida a electrónvoltios. La curva 30 ilustra la sensibilidad espectral del cuerpo de fosfuro de galio si no se usa fuente de radiación auxiliar alguna. El cuerpo de fosfuro de galio 1 es sensible a la radiación que tiene una longitud de onda que corresponde a energías menores que la anchura de la banda prohibida III (2,25 electrónvoltios) con un máximo en aproximadamente 1,8 electrónvoltios (7.000 Å). Esa radiación es capaz de producir la fase de transición mayor (1,8 electrónvoltios, véase la Figura 2) y también la fase de transición pequeña, en que los electrones son llevados desde un nivel dispuesto profundo de la banda de valencia 2 al nivel interme-

309185



10 FEB 1954

dio 20 (comparese con la flecha 31 de la Figura 2).

5 Cuando se usa una fuente de radiación auxiliar 2 (figuras 1) que irradia al cuerpo de fosfuro de galio 1 sustancialmente de manera continua con radiación que tiene una longitud de onda de aproximadamente  $7.000 \text{ \AA}$ , cuya radiación es capaz de producir la fase de transición mayor, la sensibilidad espectral del cuerpo de fosfuro de galio 1 está representada por la curva 31 y la parte AC de la curva 30 de la Figura 3. En este caso, el cuerpo de fosfuro de galio 1 es también sensible a la radiación que es capaz únicamente de producir la fase de transición menor.

15 Es de hacer notar que la radiación de  $7.000 \text{ \AA}$  producida por la fuente de radiación auxiliar 2 produce ya una fotocorriente en el circuito externo en corto 14 entre los electrodos 9 y 10 (Figura 1), como también se ha representado mediante la curva 30. Esa corriente de cortocircuito puede ser compensada mediante un voltaje inverso proporcionado por una fuente de voltaje 15 conectada en el circuito externo 14 entre los electrodos 9 y 10, de manera que la fuente de radiación auxiliar 2 no dé origen al flujo de corriente en el circuito externo 14. La sensibilidad espectral del cuerpo de fosfuro de galio 1 puede entonces ser medida por un método conocido, lo que da por resultado la curva 31 juntamente con la parte AC de la curva 30. También puede hacerse trabajar a la disposición de esa manera durante la detección de la radiación 13 que tiene una longitud de onda arbitraria dentro de la gama de la sensibilidad espectral del cuerpo fotosensible 1.

20

25

30



Por consiguiente, se ha obtenido un detector de radiación que tiene una sensibilidad espectral que se extiende desde la luz visible de onda corta (azul) a la radiación infrarroja, que tiene longitudes de onda de aproximadamente 2 micras. Si, por ejemplo, se detecta ahora radiación infrarroja 13 que es capaz de producir únicamente la fase de transición menor (0,45 electrónvoltios), se obtiene la ventaja importante de que esa radiación es detectada en un cuerpo semiconductor fotosensible 1 que contiene una unión p-n y tiene una anchura de la banda prohibida (para el fosforo de galio de aproximadamente 2,25 electrónvoltios) que supera considerablemente a la energía correspondiente a la longitud de onda de la radiación detectada. Ello permite también la producción de una fototensión entre los electrodos 9 y 10 mayor que si se hubiese usado un semiconductor 1 que tiene una anchura de la banda prohibida que es menor que la energía correspondiente a la longitud de onda de la radiación a ser detectada, ya que la fototensión obtenible es sustancialmente proporcional a la anchura de la banda prohibida. Si ha de aplicarse una polarización a los electrodos 9 y 10 que polarizan la unión p-n 5 en la dirección inversa, pueden usarse tensiones de polarización mayores y por consiguiente pueden derivarse potencias mayores a medida que aumenta la anchura de la banda prohibida en el cuerpo semiconductor fotosensible 1. Una mayor anchura de la banda prohibida resulta también en una menor sensibilidad a la temperatura. Por consiguiente no puede hacerse objeción alguna al uso del detector de radiación descrito a la temperatura ambiente cuando se detecta radiación infrarroja.

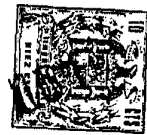
3 091 85



La fuente de radiación auxiliar 2 puede ser cualquier fuente de radiación capaz de emitir radiación que tenga las longitudes de onda deseadas que corresponden a energías al menos iguales a la energía requerida para la fase de transición mayor (1,8 electrónvoltios) y menores que la anchura de la banda prohibida (2,25 electrónvoltios), por ejemplo, radiación que tiene una longitud de onda de 7.000 Å. La fuente de radiación 2 puede ser, por ejemplo, una lámpara de cinta de tungsteno combinada con un filtro monocromático, por ejemplo, un filtro de interferencia.

La fuente de radiación 2 está preferiblemente combinada con el cuerpo semiconductor fotosensible para formar una estructura integral, habiéndose provisto medios para aplicar al cuerpo semiconductor fotosensible señales ópticas 13 a ser detectadas. Estos medios pueden ser, por ejemplo, una ventanilla 21 provista en una envoltura común que se ha representado esquemáticamente mediante la línea de puntos y rayas 20 en la Figura 1. A través de la ventanilla 21 las señales ópticas 13 a ser detectadas pueden incidir contra el cuerpo semiconductor fotosensible. La estructura integral que comprende la fuente de radiación 2 y el cuerpo semiconductor fotosensible 1 constituye en este caso el detector de radiación del dispositivo de la Figura 1.

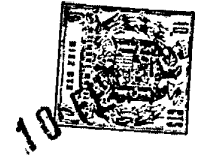
La fuente de radiación 2 puede ser ventajosamente una fuente de radiación de recombinación p-n que comprende un cuerpo semiconductor de fosfuro de galio que contiene una unión p-n y que, al menos junto a la unión p-n, está activado con cinc y oxígeno y puede for



mar parte integrante del cuerpo semiconductor fotosensibil-  
ble 1. En la Figura 4 se representa tal estructura. El  
detector de radiación de la Figura 4 es en gran medida  
similar al cuerpo semiconductor fotosensible 1 provisto  
5 de electrodos representado en la Figura 1, y por consi-  
guiente, las partes correspondientes en las Figuras 1 y 4  
se han designado por números de referencia iguales. El  
cuerpo semiconductor fotosensible 1 de la Figura 4 contie-  
ne una segunda unión p-n 25 obtenida por fusión de un se-  
10 gundo contacto de estaño 23 en condiciones similares a  
las usadas para fundir el contacto de estaño 6 de manera  
que se produce una segunda región 24 de tipo n recristali-  
zada. El contacto de estaño 23 está provisto de un conduc-  
tor de alimentación 26 y es, preferiblemente, menor que  
15 el contacto 6.

Aplicando una tensión entre los conductores de  
alimentación 26 y 10 puede hacerse pasar una corriente en  
dirección hacia adelante a través de la unión p-n 25. Co-  
mo resultado, junto a esa unión p-n 25 se produce radia-  
20 ción 27 de una longitud de onda de aproximadamente  $7.000 \text{ \AA}$   
por recombinación de hoyos y electrones. Esa radiación  
puede llegar a las proximidades de la unión p-n 5, donde  
es absorbida. La fotocorriente y/o la fototensión son to-  
madas de los conductores 9 y 10. La unión p-n 5 puede es-  
25 tar polarizada en dirección inversa. La radiación 12 de  
la Figura 1 corresponde a la radiación 27 de la Figura 4,  
y esa radiación 27 se produce en el propio cuerpo de fos-  
furo de galio 1 de manera que se disminuye la probabili-  
dad de reflexiones no convenientes en la superficie del  
30 cuerpo semiconductor 1. La radiación de infrarrojos a ser

3 0 9 1 8 5



detectada está también designada por el número de referencia 13.

5 Es de hacer notar que la radiación 13 a ser detectada no es preciso que sea capaz de penetrar directamente hasta las proximidades de la unión p-n fotosensible 5. Se ha comprobado en la práctica que cuando esa radiación 13 no llega directamente a las proximidades de la unión p-n 5, penetra en ellas por reflexiones internas dentro del cuerpo 1.

10 En las realizaciones descritas con referencia a las Figuras 1 y 4, las uniones p-n 5 y 25 se obtienen por fusión de los contactos 6 y 23 respectivamente sobre el cuerpo semiconductor. Cada uno de esas uniones p-n, o ambas, pueden, sin embargo, ser producidas ventajosamente por medio de procedimientos de difusión y/o epitaxiales corrientemente usados en la técnica del semiconductor. 15 En la Figura 5 se ilustra esquemáticamente una realización provista de dos uniones p-n 42 y 43 producidas por difusión.

20 El cuerpo semiconductor 1 contiene dos zonas difundidas 44 y 45 provistas de contactos de conexión 46 y 47 para conductores de alimentación 48 y 49, respectivamente. La zona intermedia 57, que es de un tipo de conductividad opuesta a la de las zonas 44 y 45, está provista de un contacto de conexión 50 a un conductor de 25 alimentación 51. Una unión p-n 42 puede estar polarizada, por ejemplo, en la dirección hacia adelante de manera que se obtiene radiación de recombinación 53 que corresponde a la radiación 27 de la Figura 4 y a la radiación 12 de la Figura 1. La radiación 53 puede ser absor 30



bida en las proximidades de una unión p-n 43, en que la radiación 13 a ser detectada puede ser también absorbida.

5 Como se ha indicado en lo que antecede, la curva 30 de la Figura 3 representa la sensibilidad espectral del cuerpo de fosfuro de galio 1 (Figura 1) cuando no se usa fuente alguna de radiación auxiliar. Si se usa una fuente de radiación auxiliar 2 que emite radiación 12 capaz de producir únicamente la fase de transición menor, 10 por ejemplo, radiación de infrarrojos que tiene una longitud de onda de aproximadamente 1,2 micras, se comprueba sorprendentemente que la sensibilidad del cuerpo de fosfuro de galio a la radiación 13 a ser detectada, cuya radiación es capaz de producir la fase de transición mayor, aumenta. Por consiguiente, la parte BD de la curva 15 30 debe ser sustituida por la curva 32. La sensibilidad a esa radiación 13, que puede tener una longitud de onda, de por ejemplo,  $7.000 \text{ \AA}$ , puede así aumentar fácilmente multiplicándose por un factor de 2 (por ejemplo, puede duplicarse la corriente de cortocircuito en el circuito exterior 14 de la Figura 1) mientras que en los experimentos realizados durante la elaboración del invento se ha comprobado frecuentemente una sensibilidad triplicada. Posiblemente se encontrarán materiales semiconductores 25 que proporcionen todavía mejores resultados.

En otra realización importante del dispositivo para detectar radiación de acuerdo con el invento, la fuente de radiación 2 (Figura 1) irradia al cuerpo semiconductor fotosensible 1 sustancialmente de manera continua con radiación 12 de la cual al menos una parte impor- 30

3 0 9 1 8 5

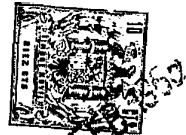


tante corresponde a la menor de las dos fases de transi-  
ción mientras que la señal óptica 13 a ser detectada con-  
siste, al menos para una parte importante, en radiación  
correspondiente a la mayor de las dos fases de transi-  
5 ción. El cuerpo semiconductor fotosensible 1 provisto  
de los contactos 6 y 8 puede consistir en los mismos ma-  
teriales que los mencionados para la realización descri-  
ta con referencia a la Figura 1.

La radiación 13 (que tiene una longitud de on-  
10 da de, por ejemplo, aproximadamente  $7.000 \text{ \AA}$ ) es detecta-  
da en un cuerpo semiconductor fotosensible 1 en el cual  
la anchura de la banda prohibida supera a la energía co-  
rrespondiente a la longitud de onda de la radiación 13  
a ser detectada, de manera que se obtienen nuevamente  
15 las ventajas antes mencionadas consecuentes a tal dispo-  
sición.

Es de hacer notar que la irradiación del cuer-  
po semiconductor fotosensible 1 con radiación 12 que en  
sí misma es capaz de producir únicamente la fase de tran-  
20 sición menor, no da origen a una fotocorriente y/o una  
fototensión.

El circuito externo 14 puede incluir un ins-  
trumento 16 que da señales eléctricas y/u ópticas sola-  
mente para una fotocorriente en el circuito externo 14  
25 que es, por ejemplo, el doble de intensa que la fotoco-  
rriente producida por irradiación con radiación 13 de  
una longitud de onda de, por ejemplo,  $7.000 \text{ \AA}$ . En este  
caso, el instrumento 16 da una señal solamente si una  
radiación 12 capaz de producir únicamente la fase de  
30 transición menor incide además el cuerpo fotosensible 1.



10 FEB 1963

Puede así obtenerse un circuito de coincidencia en el cual solamente se produce una señal por irradiación simultánea del cuerpo semiconductor fotosensible 1 por ambas fuentes de radiación 2 y 3.

5 En este caso, también la fuente de radiación auxiliar 2 y el cuerpo semiconductor fotosensible 1 forman juntamente un detector de radiación para la radiación 13 y preferiblemente están combinados para formar una estructura integral. La fuente de radiación 3 puede ser  
10 cualquier fuente de radiación cuya radiación 13 haya de ser detectada.

La fuente de radiación 2 puede ser también una lámpara de cinta de tungsteno combinada con un filtro monocromático, por ejemplo un filtro de interferencia.

15 La fuente de radiación 2 puede ser alternativamente una fuente de radiación de inyección y de recombinación, la cual puede incluir un cuerpo semiconductor de arseniuro de galio que contiene una unión p-n y tiene una banda prohibida de una anchura de aproximadamente  
20 1,26 electrónvoltios y en que puede obtenerse a la temperatura ambiente una radiación de recombinación que tiene una longitud de onda de aproximadamente  $9.100 \text{ \AA}$ . En un cuerpo de arseniuro de galio de tipo n puede producirse una unión p-n, por ejemplo fundiendo indio, que contiene aproximadamente el 3% en peso de cinc, sobre el  
25 cuerpo a una temperatura comprendida entre  $500^{\circ}\text{C}$  y  $700^{\circ}\text{C}$  obteniéndose un contacto de conexión sustancialmente óhmico por fusión de estaño en el cuerpo a la misma temperatura.

30 La unión p-n puede obtenerse alternativamente

3 091 85



por difusión de cinc en el cuerpo de arseniuro de galio de tipo n a aproximadamente 900°C. El cuerpo semiconductor de la fuente de radiación 2 puede consistir también en fosfuro de indio el cual tiene una anchura de banda prohibida aproximadamente entre 1,3 electrónvoltios y 1,4 electrónvoltios y en que puede obtenerse radiación de re-combinación que tiene aproximadamente la misma longitud de onda que en el caso de un cuerpo semiconductor hecho de arseniuro de galio.

El cuerpo semiconductor de arseniuro de galio o de fosfuro de indio puede formar una estructura integral con el cuerpo semiconductor fotosensible 1 hecho de fosfuro de galio y puede ser provisto en el cuerpo semiconductor fotosensible 1, por ejemplo, por un método epitaxial corrientemente usado en la técnica del semiconductor.

Se apreciará que el invento no queda limitado a la realización descrita y que un experto en la técnica puede efectuar numerosas modificaciones sin rebasar el alcance del invento. Por ejemplo, en las realizaciones hasta aquí descritas el cuerpo semiconductor fotosensible tiene un nivel de energía intermedio en la banda prohibida que no está ocupado por electrones cuando el cuerpo semiconductor no es irradiado, mientras que pueden llevarse electrones por medios ópticos desde la banda de valencia hasta el nivel de energía intermedio y, subsiguientemente, también por medios ópticos, desde ese nivel de energía intermedio a la banda de conducción. Como resultado, son llevados electrones desde la banda de valencia a la banda de conducción de manera que el cuerpo



semiconductor fotosensible puede tomar la forma de una  
célula fotovoltaica. Alternativamente, sin embargo, pue  
de usarse un cuerpo semiconductor fotosensible que tie  
ne un nivel de energía intermedio en la banda prohibida  
que está ocupado por electrones. En este caso pueden lle  
5 varse electrones por medios ópticos desde el nivel de  
energía intermedio a la banda de conducción y, subsiguien  
temente, electrones desde la banda de valencia al nivel  
de energía intermedio. Como resultado, también en este  
10 caso son llevados electrones desde la banda de valencia  
a la banda de conducción en dos fases de transición por  
medio del nivel de energía intermedio. Es además posible  
activar el cuerpo semiconductor fotosensible sólo en par  
tes localizadas con una impureza que induce el nivel de  
15 energía intermedio de tal manera que la radiación que es  
capaz de producir una u otra de las dos fases de transi  
ción pero tiene una longitud de onda correspondiente a  
menor energía que la anchura de la banda prohibida, úni  
camente puede ser absorbida en puntos deseados predeter  
20 minados. Además no es necesario que el cuerpo semiconduc  
tor fotosensible contenga una unión p-n, sino que ese cuer  
po puede tomar la forma por ejemplo, de una célula foto  
sensible. Una superficie de un cuerpo semiconductor a ser  
irradiado, por ejemplo, el cuerpo semiconductor 1 de la  
25 Figura 1, puede estar provista de una capa antireflectan  
te corrientemente usada en óptica.

La presente solicitud, que corresponde a la  
presentada en Holanda, el 12 de Febrero de 1964, bajo el  
número 6401187, se acoge a los beneficios del artículo 51  
30 del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.

3 0 9 1 8 5



N O T A

---

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

5           1.- Una disposición para detectar radiación que comprende un detector de radiación que incluye un cuerpo semiconductor fotosensible, siendo suministrada la radiación a ser detectada a ese cuerpo semiconductor, caracterizada porque el cuerpo semiconductor fotosensible tie  
10 ne una banda prohibida en que hay presente un nivel de energía intermedio lo que da por resultado que pueden ser llevados electrones por medios ópticos desde la banda de valencia a la banda de conducción mediante una primera fase de transición, desde la banda de valencia al nivel de  
15 energía intermedio y, mediante una segunda fase de transición, desde el nivel de energía intermedio a la banda de conducción, mientras que se suministran al cuerpo semiconductor fotosensible una señal óptica consistente en radiación de la cual al menos una parte importante corresponde  
20 a la primera fase de transición y también una señal óptica consistente en radiación de la cual al menos una parte importante corresponde a la segunda fase de transición, siendo al menos una de las señales ópticas una señal óptica a ser detectada.

25           2.- Una disposición según el punto 1, caracte-

3 0 9 1 8 5



rizada porque incluye una fuente de radiación mediante la cual al menos una de las señales ópticas es suministrada al cuerpo semiconductor fotosensible, siendo detectada la otra señal óptica.

5                   3.- Una disposición según el punto 2, caracterizada porque la fuente de radiación es una fuente de radiación de inyección y recombinación.

10                   4.- Una disposición según el punto 3, caracterizada porque la fuente de radiación de inyección y recombinación y el cuerpo semiconductor fotosensible forman parte de un cuerpo semiconductor común.

5                   5.- Una disposición según cualquiera de los puntos precedentes, caracterizada porque el cuerpo semiconductor fotosensible contiene una unión p-n.

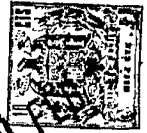
15                   6.- Una disposición según el punto 2, o según el punto 2 y cualquiera de los puntos 3 a 5, caracterizada porque la fuente de radiación irradia al cuerpo semiconductor fotosensible sustancialmente de manera continua con radiación de la cual al menos una parte importante corresponde a la mayor de las dos fases de transición, mientras que la señal óptica a ser detectada consiste, al menos en una parte importante, en radiación correspondiente a la menor de las dos fases de transición.

20

25                   7.- Una disposición según el punto 2, o según el punto 2 y cualquiera de los puntos 3 a 5, caracterizada porque la fuente de radiación irradia al cuerpo semiconductor fotosensible sustancialmente de manera continua con radiación de la cual al menos una parte importante corresponde a la menor de las dos fases de transición, mientras que la señal óptica a ser detectada con-

30

3 0 9 1 8 5



siste, al menos en una parte importante, en radiación correspondiente a la mayor de las dos fases de transición.

5 8.- Una disposición según cualquiera de los puntos precedentes, caracterizada porque la distancia por la cual está separado el nivel de energía intermedio de la banda de valencia y de la banda de conducción es al menos de 0,1 electrónvoltio.

10 9.- Una disposición según cualquiera de los puntos precedentes, caracterizada porque un cuerpo semiconductor fotosensible consiste en fosfuro de galio que, al menos en el punto en que es principalmente absorbida la radiación de las señales ópticas, está activado con cinc y oxígeno.

15 10.- Una disposición según los puntos 6 y 9, caracterizada porque la fuente de radiación 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 está activado, al menos en las proximidades de la unión p-n, con cinc y oxígeno.

20 11.- Una disposición según los puntos 7 y 9, caracterizada porque la fuente de radiación es una fuente de radiación de inyección y recombinación que comprende un cuerpo semiconductor de cualquiera de los materiales semiconductores arseniuro de galio y fosfuro de indio.

25 12.- Una disposición según cualquiera de los puntos 1 a 8, caracterizada porque el cuerpo semiconductor fotosensible consiste en fosfuro de aluminio.

30 13.- Un dispositivo detector de radiación para uso en una disposición según cualquiera de los pun-



tos precedentes, caracterizado porque el detector de radiación incluye un cuerpo semiconductor fotosensible que contiene una banda prohibida en la cual hay presente un nivel de energía intermedio lo que resulta en que pueden ser llevados electrones por medios ópticos desde la banda de valencia a la banda de conducción mediante una primera fase de transición desde la banda de valencia al nivel de energía intermedio y mediante una segunda fase de transición desde el nivel de energía intermedio a la banda de conducción, formando el cuerpo semiconductor fotosensible una estructura integral con una fuente de radiación que es capaz de aplicar al cuerpo semiconductor fotosensible una señal óptica que, al menos en una gran parte, consiste en radiación correspondiente a una de las dos fases de transición, mientras que se han provisto medios que permiten aplicar al cuerpo semiconductor fotosensible radiación que ha de ser detectada y corresponde a la otra fase de transición.

14.- 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.

Esta Memoria consta de treinta y una hojas escritas a máquina por una sólo cara.

Madrid,

10 FEB 1965

P.A.

Alberto de Echeburu  
Por Partes.

ESCALA VARIABLE

3 091 85

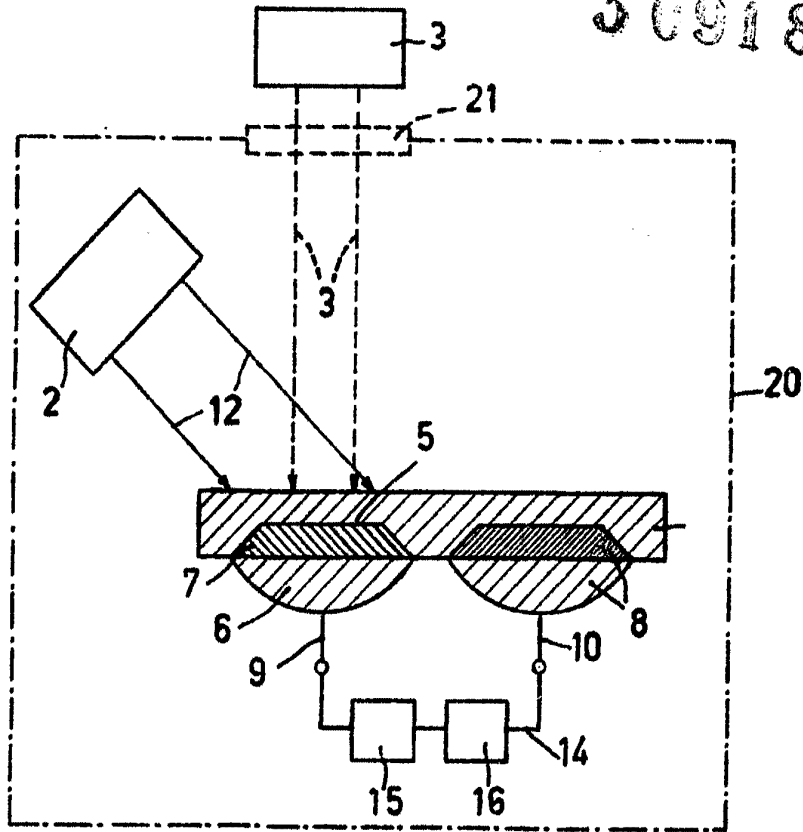


FIG. 1

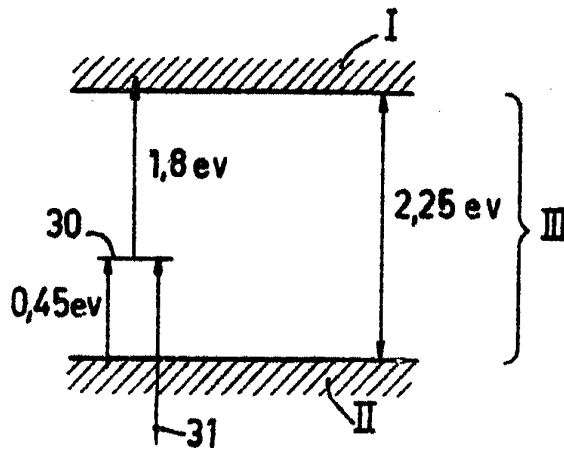


FIG. 2

*Handwritten signature or mark.*  
Philips' Gloeilampenfabrieken  
Eindhoven

ESCALA VARIABLE

3 091 85

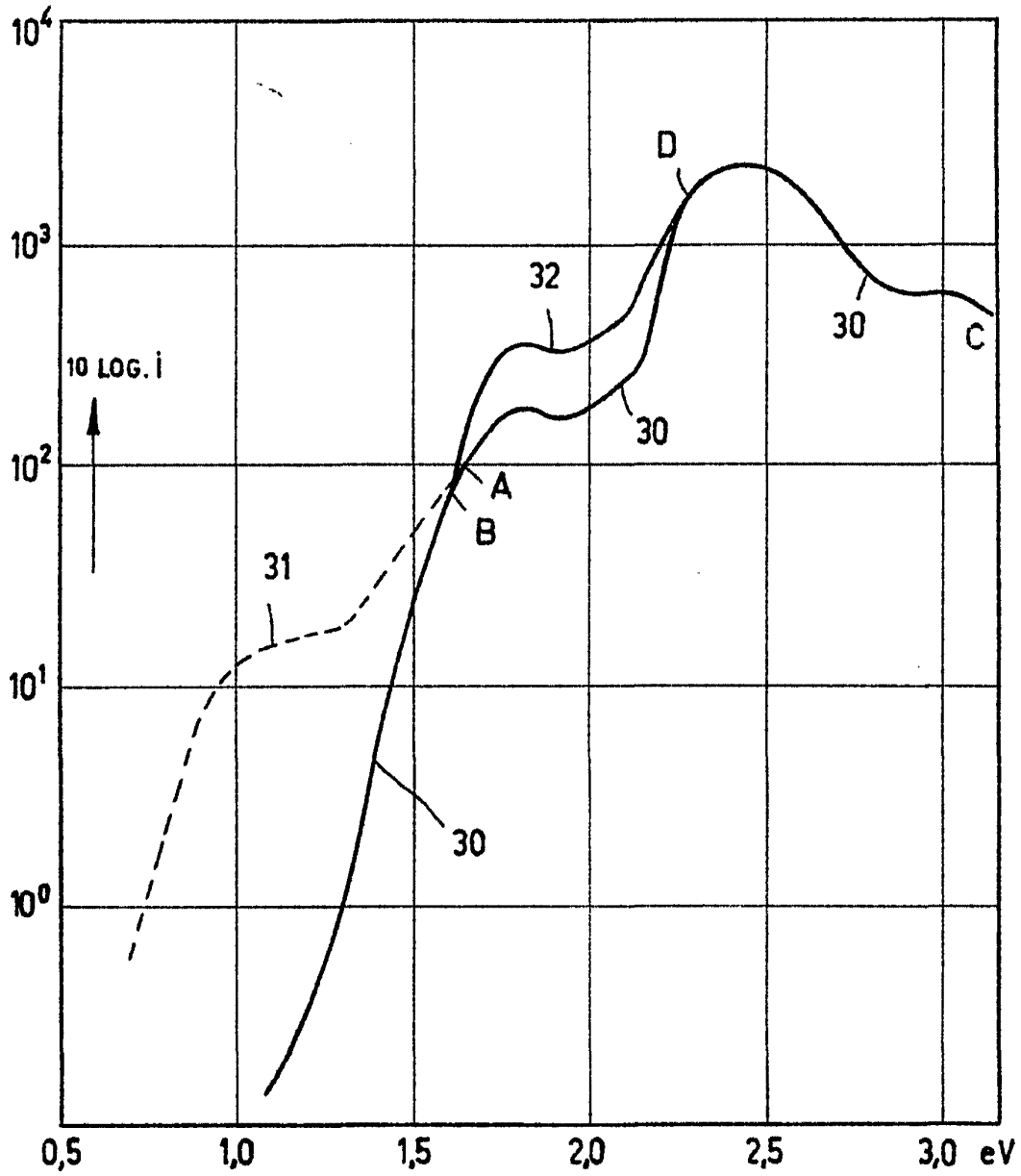


FIG. 3

Edizione 1950  
Per Philips  
*[Signature]*

ESCALA VARIABLE

3 091 85

10

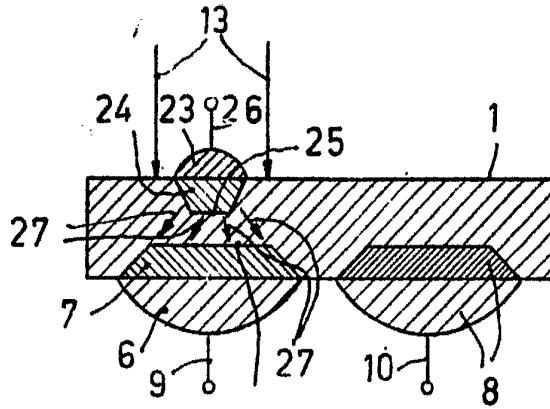
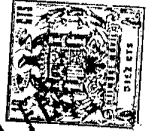


FIG. 4

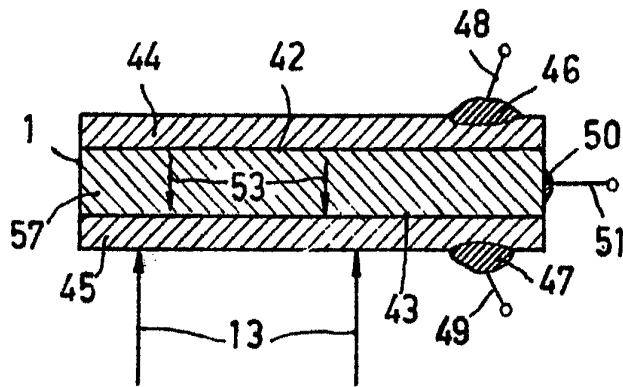


FIG. 5

*Handwritten signature*  
A. G. Philips  
For Patent