(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 819 849**

(51) Int. CI.:

H01L 31/0725 (2012.01)
H01L 31/0745 (2012.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.08.2017 E 17185538 (0)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.06.2020 EP 3442036**

(54) Título: **Componente semiconductor optoelectrónico**

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
19.04.2021

(73) Titular/es:

AE 111 AUTARKE ENERGIE GMBH (100.0%)
St. Veiter Str. 5
9556 Liebenfels, AT

(72) Inventor/es:

SCHÜPPEN, ANDREAS PAUL

(74) Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Componente semiconductor optoelectrónico

Se indica un componente semiconductor optoelectrónico.

El documento US 2014/0048122 A1 hace referencia a una célula solar tándem, la cual comprende un diodo superior basado en silicio y una capa de SiC. Un diodo inferior comprende una capa de germanio como base para nanohilos.

Un objeto que debe solucionarse consiste en proporcionar un componente semiconductor optoelectrónico que presente un rendimiento de potencia y un rendimiento energético elevados, con respecto a la transformación de la potencia lumínica y energía lumínica en potencia eléctrica o energía. El componente semiconductor optoelectrónico es en particular una célula solar con una tensión en bornes abierta V_{oc} superior a 1 V.

Dicho objeto, entre otros, se soluciona mediante un componente semiconductor optoelectrónico con las características de la reivindicación independiente. En las reivindicaciones dependientes se indican perfeccionamientos preferentes.

Según la invención, el componente semiconductor optoelectrónico presenta un lado anterior. Es posible que a través del lado anterior, radiación, como radiación solar, ingrese en el componente semiconductor optoelectrónico. El lado anterior puede ser un lado de entrada de radiación. En el lado de entrada de radiación puede encontrarse una capa de entrada de luz, en especial una capa anti-reflectora.

Según la invención, el componente semiconductor comprende un primer diodo y un segundo diodo, que están conectados en serie. Los diodos pueden denominarse también como diodo superior e inferior. En dirección alejándose del lado anterior, el primer y el segundo diodo están dispuestos aguas abajo uno de otro. De este modo, el primer diodo se encuentra más cerca del lado anterior que el segundo diodo. Observado en una vista superior, el lado anterior, el primer diodo y/o el segundo diodo pueden estar dispuestos de forma coincidente.

Según la invención, el componente semiconductor optoelectrónico presenta un contacto de túnel de semiconductor eléctrico. El contacto de túnel se encuentra entre el primer y el segundo diodo. Mediante el contacto de túnel, ambos diodos están conectados en serie de forma eléctrica.

Según al menos una forma de ejecución, el primer y el segundo diodo, así como el contacto de túnel, están generados monolíticamente uno sobre otro. Es decir, que esos componentes están integrados en un cuerpo semiconductor en común, preferentemente sin medios de unión y/o de forma monolítica.

El contacto de túnel puede estar estructurado como se describe en el documento DE 10 2005 047 221 B4, véase en particular el apartado 9, o como en el documento S. M. Sze, Physics of Semiconductor Devices, New York, Wiley, 1981, página 516y siguientes. El contacto de túnel trata, ante todo, de túneles de banda a banda, denominados también como Intergap tunneling (efecto túnel resonante).

Según la invención, el componente semiconductor está formado a base de silicio. Es decir, que el elemento material esencial del componente semiconductor es Si. Del mismo modo, las funciones eléctricas esenciales del componente semiconductor se originan en el Si. Esto no excluye el hecho de que se encuentren presentes uno o más dopados o de que el Si en parte esté reemplazado por otros materiales, en particular por materiales del grupo IV. Es decir, que el componente semiconductor se trata en particular de una célula solar basada en silicio.

Según la invención, el primer diodo o diodo superior comprende varias capas parciales. La primera y la tercera capa parcial son de $(Si_yGe_{1}\text{-}y)_{1-x}C_x$, en donde $0{,}05 \leq x \leq 0{,}5$ o $0{,}25 \leq x \leq 0{,}75$, y en donde $0 \leq y \leq 1$, y una segunda capa parcial es de Si_zGe_{1-z}, en donde $0 \leq z \leq 1$, donde no están considerados dopados que eventualmente se encuentran presentes.

Si y Ge pueden estar presentes en cualquier proporción en la mezcla. Además, diferentes fases pueden estar presentes entremezcladas, por ejemplo SiC y GeC. De este modo, la expresión $(Si, Ge)_{1-x}C_x$ puede referirse a una composición central, más allá de la respectiva capa.

Según la invención, el segundo diodo o diodo inferior comprende una capa de diodos de Si_nGe_{1-n}, en particular como parte de una transición pn, donde en la región de carga espacial de esa transición pn puede estar incorporada una capa de Si_nGe_{1-n}. De este modo aplica $0 \leq n \leq 1$ ó $0 \leq n < 1$ ó $0 < n \leq 1$, en particular $0 \leq n \leq 0{,}95$, preferentemente $0 \leq n \leq 0{,}8$, de manera que la parte de Ge es de al menos 20 %. Puede tratarse de una capa de Ge pura. Nuevamente no están considerados dopados que eventualmente se encuentran presente.

De este modo, se proporciona un componente semiconductor optoelectrónico de dos diodos conectados en serie, que están conectados mediante un contacto de túnel.

Expresado de otro modo, el componente semiconductor puede tratarse de una célula solar tándem, basada en silicio, cuyos dos diodos se caracterizan porque el primero, en particular en forma de la capa parcial, presenta un absorbedor que absorbe ultravioleta, y el segundo diodo, en particular en forma de la capa de diodos, contiene un absorbedor de infrarrojo. Debido a esto se amplía el espectro que puede ser usado por el componente semiconductor, de aproximadamente 300 nm a 1500 nm. De este modo, la capa parcial del primer diodo, de manera preferente, es una capa de carburo de silicio y/o una capa de carburo de germanio, y la capa de diodos de la segunda capa, preferentemente, es un diodo de Si, y puede estar completada por una capa de germanio o una capa de silicio-germanio.

Las células solares con el rendimiento máximo conocido en la actualidad son solamente muestras de laboratorio y habitualmente se basan en materiales semiconductores III-V Su rendimiento es de hasta 45 % en muestras de laboratorio. Las células solares comerciales, en cambio, en función del sistema de materiales utilizado y de la estratificación, presentan grados de rendimiento máximo en el rango de hasta 25 %. Las células solares comerciales en la producción, que se basan en silicio cristalino, en la actualidad normalmente presentan un rendimiento en el rango de 17% a 23%.

Con el componente semiconductor aquí descrito se proporciona una célula solar tándem basada en silicio. Hasta el momento, en las células solares basadas en silicio apenas se ha recurrido al concepto tándem, puesto que en general no se encuentran a disposición materiales con diferentes resonancias de bandas en el sistema de material de silicio, de manera que no pueden producirse de forma eficiente en cuanto a los costes y/o sólo presentan una estabilidad a largo plazo insuficiente, como por ejemplo perovskita. En cambio, el componente semiconductor aquí descrito, con técnicas y materiales probados, puede estructurarse con propiedades conocidas.

De este modo, la célula superior, por tanto el primer diodo, se utiliza de manera preferente esencialmente para la generación de portadores de carga de luz azul y de radiación ultravioleta, y la célula inferior, por tanto el segundo diodo, en particular sólo para la generación de portadores de carga de luz en el caso de longitudes de onda de aproximadamente más de 500 nm, hasta el rango espectral infrarrojo. De este modo, en el funcionamiento se genera corriente que se extiende a través de las dos células conectadas en serie, y que para una célula MO estándar puede situarse por encima de 7 A. Mediante la conexión en serie de las células, por tanto, de ambos diodos, las tensiones de bornes abiertas de las dos células se suman a aproximadamente 1 V a 1,2 V, de manera que puede alcanzarse un grado de efectividad de más del 30 %. Esto significa que para una célula solar estándar con dimensiones de 156 mm x 156 mm puede realizarse una potencia de 7 W o más. Actualmente, las mejores células de silicio, en el caso de un tamaño típico de 156 mm x 156 mm, tienen aproximadamente como máximo 5 W.

Para ello, al menos una capa parcial del primer diodo se compone de un material con una resonancia de banda elevada, preferentemente carburo de silicio y/o carburo de germanio, o de silicio amorfo o germanio amorfo. La resonancia de banda de ese material se encuentra en particular entre 2,4 eV y 3,2 eV, ante todo para transformar fotones de onda corta, en el rango de longitud de onda de 300 nm a 500 nm, en corriente eléctrica. El primer diodo puede mejorarse de manera que la zona de carga espacial comprenda una estructura cuántica de SiGeC/SiGe/SiGeC. Una estructura de esa clase, denominada también como estructura de doble túnel, posibilita efectos de electrones de forma multiplicada, de manera que un fotón de alta energía puede generar varios electrones.

Una estructura de túnel doble de esa clase puede observarse por ejemplo en el documento DE 10 2005 047 221 B4, véase en particular el párrafo 9.

Según la invención, el primer diodo comprende una primera capa parcial, una segunda capa parcial y una tercera capa parcial. En particular, mediante esas tres capas parciales se forma la estructura de túnel doble del primer diodo.

Según la invención, la primera capa parcial es de SiGeC. Lo mismo aplica para la tercera capa parcial. De manera preferente, la primera y la tercera capa parcial presentan la misma composición de material y/o los mismos grosores de la capa. De manera alternativa es posible que la primera y la tercera capa parcial presenten composiciones de material distintas unas de otras y/o que estén conformadas con un grosor diferente.

Según la invención, la segunda capa parcial, que se encuentra entre la primera y la tercera capa parcial, es de SiGe. Con ello, la segunda capa parcial, en comparación con la primera y con la tercera capa parcial, presenta una resonancia de banda comparativamente reducida. En particular, la segunda capa parcial es de Si_zGe_{1-z}, en donde $0,1 \leq z \leq 0,95$, preferentemente en donde $0,6 \leq z \leq 0,9$.

Según la invención, la primera, la segunda y la tercera capa parcial se suceden en el orden mencionado, directamente una sobre otra, en una dirección alejándose del lado anterior. Observado en una vista superior, las capas parciales pueden estar dispuestas de forma coincidente.

Según la invención, la primera capa y la tercera capa parcial son de $(Si_yGe_{1-y})_{1-x}C_x$. De este modo aplica $0,05 \leq x \leq 0,5$ ó $0,25 \leq x \leq 0,75$, preferentemente $0,4 \leq x \leq 0,6$. Además aplica $0 \leq y \leq 1$, preferentemente $0,25 \leq y \leq 0,9$, de modo particularmente preferente $0,4 \leq x \leq 0,7$.

Según al menos una forma de ejecución, las primeras y/o las terceras capas parciales presentan un grosor que se encuentra por debajo de la condición de túnel, por tanto, son menores que 10 nm. De manera alternativa o adicional, los grosores de las primeras y/o de las terceras capas parciales se sitúan en al menos 1 nm.

La célula inferior, por tanto el segundo diodo, está formado esencialmente de silicio con una resonancia de banda de aproximadamente 1,12 eV, y ante todo está configurada para la generación de portadores de carga de luz, en el rango espectral de entre 500 nm y 1150 nm. Mediante la incorporación de la capa de SiGe en la zona de carga espacial del diodo inferior, con una resonancia de banda en el rango de 0,66 eV a 0,95 eV, puede ampliarse a más de 1500 nm el rango de longitud de onda infrarrojo que puede utilizarse para la generación de portadores de carga, lo cual tiene como consecuencia un aumento de corriente en comparación con un silicio puro.

Según al menos una forma de ejecución, la segunda capa parcial presenta un grosor de al menos 5 nm. De manera alternativa o adicional, el grosor de la segunda capa parcial se sitúa como máximo en 25 nm, dependiendo del grosor de la primera y de la tercera capa parcial, y de la composición del material de la segunda capa.

Preferentemente, la segunda capa parcial es más gruesa que la primera y/o la tercera capa parcial, por ejemplo al menos es más gruesa en un factor 2, que la primera y/o la tercera capa parcial.

Según al menos una forma de ejecución, la capa de diodos del segundo diodo presenta un grosor de al menos 5 nm, en particular un grosor de al menos 25 nm. De manera alternativa o adicional, el grosor de la capa de diodos se encuentra como máximo en 200 nm.

Según al menos una forma de ejecución, en un lado de la capa de diodos, apartado del lado anterior, se encuentra una segunda capa de contacto. La segunda capa de contacto puede encontrarse directamente en la capa de diodos.

Según al menos una forma de ejecución, la segunda capa se trata de una capa de silicio. Esa capa de silicio preferentemente está dopada con B y/o Ga y/o con Al, por ejemplo con una concentración del material de dopado de al menos 1×10^{19} 1/cm^3 para p-material o 3×10^{19} 1/cm^3 para n-material, es decir, por encima de la degeneración, es decir que para el p-material el nivel de Fermi se sitúa por debajo de la banda de valencia, y para el n-material el nivel de Fermi se sitúa por encima de la banda de potencia.

Según al menos una forma de ejecución, la segunda capa de contacto presenta un grosor de al menos 10 nm. De manera alternativa o adicional, el grosor de la segunda capa de contacto es como máximo de 300 nm, independientemente del sistema de materiales, del sistema de contacto y de la cristalinidad de la capa de contacto.

Según al menos una forma de ejecución, entre la capa de diodos y el lado anterior se encuentra una capa portadora. La capa portadora puede encontrarse directamente en la capa de diodos. Preferentemente, la capa portadora es de silicio, en particular de silicio n-dopado o p-dopado. Es posible que la capa portadora se trate del componente que porta y respalda mecánicamente el componente semiconductor. Por ejemplo, la capa portadora presenta un grosor de al menos 30 µm y/o de como máximo 600 µm. La capa portadora también puede ser de un silicio, de un óxido transparente conductor o de un vidrio.

Según al menos una forma de ejecución, las capas parciales del primer diodo y/o la capa de diodos del segundo diodo, así como opcionalmente otras capas semiconductoras del componente semiconductor, están conformadas de forma monocristalina o policristalina. De manera alternativa es posible que esas capas semiconductoras antes mencionadas o al menos algunas de esas capas semiconductoras, sean amorfas.

Según al menos una forma de ejecución, las capas semiconductoras antes mencionadas están producidas y/o aplicadas mediante deposición química en fase de vapor, abreviado CVD (Chemical Vapor Deposition), mediante deposición de capa atómica, abreviado ALD (Atomic Layer Deposition), y/o mediante crecimiento epitaxial por haces moleculares, abreviado MBE (Molecular Beam Epitaxy). De manera alternativa también pueden emplearse procedimientos de deposición similares, como por ejemplo deposiciones asistidas por plasma.

Según al menos una forma de ejecución, el componente semiconductor se trata de una célula solar tándem. A este respecto, es posible que el componente semiconductor comprenda otros componentes, como electrodos, estructuras

de distribución de corriente y/o puntos de contacto eléctricos, para la puesta en contacto eléctrica, en particular para medir la fotocorriente que se produce durante el funcionamiento.

A continuación se explica en detalle un componente semiconductor optoelectrónico, haciendo referencia al dibujo, mediante un ejemplo de ejecución. Los mismos símbolos de referencia identifican los mismos elementos en las figuras individuales. No obstante, no están representadas referencias a escala, más bien los elementos individuales pueden estar representados exageradamente grandes, para una mejor comprensión.

Muestran:

Figuras 1 y 2 representaciones en sección esquemáticas de ejemplos de ejecución de componentes semiconductores optoelectrónicos aquí descritos.

Figura 3 una representación esquemática de una estructura de banda de un componente semiconductor optoelectrónico aquí descrito, y

Figura 4 una representación esquemática de propiedades espectrales de un componente semiconductor optoelectrónico aquí descrito.

En la figura 1 se muestra un ejemplo de ejecución de un componente semiconductor 1. El componente semiconductor 1 está conformado como célula solar tándem y comprende un primer diodo 2 y un segundo diodo 4, que están conectados eléctricamente en serie uno con otro, mediante un contacto de túnel 3. De este modo, el primer diodo 2 se encuentra más cerca de un lado anterior 10 del componente semiconductor 1, donde el lado anterior 10 preferentemente se trata de un lado de entrada de radiación del componente semiconductor 1.

Como emisor, en el lado de entrada de radiación 10, se utiliza una primera capa de contacto 25. La primera capa de contacto 25 es de silicio, que está n- altamente dopado, por ejemplo con As. El grado de dopado de las capas, del modo habitual en el área especializada, se indica mediante los símbolos -, +, ++. Un grosor de la primera capa de contacto 25, preferentemente es de al menos 10 nm y/o como máximo de 150 nm, por ejemplo de 80 nm. La primera capa de contacto 25 puede tratarse de una capa doble con un dopado inicial de 1×10^{18} $1/cm^{-3}$ y una capa altamente dopada con una concentración de material de dopado de 2×10^{20} $1/cm^3$. De manera preferente, el dopado aumenta hacia la capa de entrada de luz 5, es decir, que la transición entre la primera capa y la segunda capa de contacto superior también puede estar realizada graduada, es decir, que no debe tener lugar de forma abrupta.

La primera capa de contacto 25 está comprendida parcialmente por el primer diodo 2. Un componente principal del primer diodo 2 está formado por tres capas parciales 21, 22, 23. La primera y la tercera capa parcial 21, 23 son capas de SiGeC, entre las cuales se encuentra una capa SiGe, preferentemente delgada, como segunda capa parcial 22. Las capas parciales 21, 22, 23 esencialmente están configuradas para la absorción de luz de onda corta en el rango de 300 nm hasta aproximadamente 500 nm, y se utilizan para generar corriente mediante radiación, desde ese rango de longitud de onda.

En una dirección alejándose del lado de entrada de radiación 10, una capa 24 poco p-dopada sucede a las capas parciales 21, 22, 23. La capa 24 menos dopada, de manera preferente, se trata de una capa de silicio, que está dopada con B. Un grosor de la capa 24 menos dopada preferentemente es de al menos 30 nm o 50 nm, y/o como máximo de 200 nm ó 100 nm.

El contacto de túnel 3 subsiguiente está compuesto por una primera capa de contacto de túnel 31 y una segunda capa de contacto de túnel 32. La primera capa de contacto de túnel 31 que se encuentra cerca del lado de entrada de radiación 10, preferentemente, es una capa de silicio p-dopada hasta la degeneración, por tanto, por ejemplo dopada de boro por encima de 8×10^{18} $1/cm^3$. La segunda capa de contacto de túnel 32 se trata preferentemente de una capa de silicio n-dopada hasta la degeneración, donde como material de dopado se utiliza por ejemplo P o As, y el dopado debería ser superior a 2×10^{19} $1/cm^3$. Los grosores de las capas de contacto de túnel 31, 32; preferentemente, en cada caso, son de al menos 20 nm o 40 nm y/o como máximo de 150 nm u 80 nm, en particular en cada caso aproximadamente de 50 nm.

El contacto de túnel 3 se encuentra directamente en una capa portadora 43. La capa portadora 43 está formada por un sustrato de silicio n-dopado, o también, alternativamente, p-dopado. Una conductividad de la capa portadora 43, de manera preferente, es de al menos 1 Ωcm y/o como máximo de 6 Ωcm. Un grosor de la capa portadora 43, preferentemente, es de aproximadamente 180 µm.

Directamente en la capa portadora 43 que forma una parte del segundo diodo 4, se encuentra una capa de diodos 41, preferentemente de SiGe. La capa de diodos 41 no está dopada o está levemente p-dopada. Por ejemplo, la capa de diodos 41 presenta un grosor de 50 nm.

A la capa de diodos 41, apartándose del lado de entrada de radiación 10, le sucede una segunda capa de contacto 42, que se trata de una capa de p, altamente dopada. Como material de dopado se utiliza por ejemplo B, Ga o Al. Un grosor de la segunda capa de contacto 42 se sitúa por ejemplo en 100 nm.

En el ejemplo de ejecución de la figura 2, el lado de entrada de radiación 10 está formado por una capa de entrada de luz 5, en particular de un nitruro, como nitruro de silicio, o de un óxido conductor transparente, abreviado TCO. Un grosor de la capa de entrada de luz por ejemplo es de al menos 50 nm y/o de 90 nm, en particular aproximadamente de 65 nm.

En el lado de entrada de radiación 10, para la puesta en contacto eléctrica, una capa de contacto 62 se aplica por ejemplo mediante serigrafía de plata. Para ello, la capa de entrada de luz 5 opcional, preferentemente a modo de puntos, se separa mediante un procedimiento conocido, en particular con un auto-ajuste.

En un lado posterior 40, opuesto al lado de entrada de radiación 10, por tanto, en la segunda capa de contacto 42, de manera preferente por ejemplo mediante serigrafía de aluminio, se aplica otro electrodo 61, de forma plana o estructurada. A continuación puede tener lugar un proceso de calentamiento. De este modo, el componente semiconductor 1 realizado como célula solar puede producirse con un procedimiento estándar.

Por lo demás, el ejemplo de ejecución de la figura 2 corresponde al aquél de la figura 1.

La estructura de banda electrónica, que resulta de esa estructura explicada con las figuras 1 y 2, está ilustrada esquemáticamente en la figura 3. Para secciones parciales, el respectivo intervalo de resonancia se indica en eV. Mediante las líneas de trazos están simbolizados los límites entre las capas del componente semiconductor 1. Como líneas de trazos y puntos está ilustrada la línea cero, con respecto al intervalo de resonancia. A diferencia de las figuras 1 ó 2, según la figura 3 también otros dopados pueden estar presentes, por ejemplo en las capas 24, 43.

En la figura 4 está representada la potencia de radiación de luz P para luz solar, en $W/m^2/nm$, con respecto a la longitud de onda λ en nm. Los rangos de absorción para el primer diodo 2 y el segundo diodo 4 están marcados de forma esquemática.

Los componentes mostrados en las figuras, en tanto no se indique otra cosa, preferentemente se suceden unos a otros, respectivamente de forma directa, en el orden indicado. Del mismo modo, en tanto no se indique otra cosa, las posiciones relativas de los componentes dibujados, de unos con respecto a otros, se reproducen correctamente en las figuras.

REIVINDICACIONES

1. Componente semiconductor optoelectrónico (1) basado en silicio, con

- un lado anterior (10),

- un primer diodo (2) y un segundo diodo (4) que están conectados aguas abajo uno de otro, en dirección alejándose del lado anterior (10), y en serie de forma eléctrica, de manera que el primer diodo (2) se encuentra más cerca del lado anterior (10) que el segundo diodo (4), y

- un contacto de túnel eléctrico (3) entre el primer y el segundo diodo (2, 4), donde el segundo diodo (4) comprende una capa de diodos (41) de Si_nGe_{1-n}, en donde $0 \leq n \leq 1$,

caracterizado porque

el primer diodo (2) comprende una primera capa parcial (21) de SiGeC, una segunda capa parcial (22) de Si-Ge y una tercera capa parcial (23) de SiGeC, y las capas parciales (21, 22, 23), en correspondencia con su numeración, se suceden de forma directa, alejándose del lado anterior (10), de manera que la primera y la tercera capa parcial (21, 23) son de $(Si_yGe_{1-y})_{1-x}C_x$, en donde $0{,}05 \leq x \leq 0{,}5$ ó $0{,}25 \leq x \leq 0{,}75$, y en donde $0 \leq y \leq 1$, y la segunda capa parcial (22) es de Si_zGe_{1-z}, en donde $0 \leq z \leq 1$.

2. Componente semiconductor optoelectrónico (1) según la reivindicación precedente, en el cual el primer diodo (2) está configurado para la absorción de radiación en el rango de longitud de onda entre 300 nm y 500 nm, y para generar portadores de carga mediante esa radiación.

3. Componente semiconductor optoelectrónico (1) según una de las reivindicaciones precedentes, en el cual el segundo diodo (2) está configurado para la absorción de radiación en el rango de longitud de onda entre 500 nm y 1500 nm, y para generar portadores de carga mediante esa radiación.

4. Componente semiconductor optoelectrónico (1) según una de las reivindicaciones precedentes, en el cual la primera y la tercera capa parcial (21, 23) presentan la misma composición del material, en donde $0{,}4 \leq x \leq 0{,}6$ y en donde $0{,}25 \leq y \leq 0{,}9$.

5. Componente semiconductor optoelectrónico (1) según una de las reivindicaciones precedentes, en el cual la primera y la tercera capa parcial (21, 23) presentan respectivamente un grosor entre inclusive 1 nm y 10 nm, y un grosor de la segunda capa parcial (22) entre inclusive 5 nm y 25 nm

6. Componente semiconductor optoelectrónico (1) según una de las reivindicaciones precedentes, en el cual para la segunda capa parcial aplica: $0{,}1 \leq z \leq 0{,}95$.

7. Componente semiconductor optoelectrónico (1) según una de las reivindicaciones precedentes, en el cual para la capa de diodos (41) de Si_nGe_{1-n} aplica:

$0 \leq n \leq 0{,}8$,

en donde la capa de diodos (41) presenta un grosor entre inclusive 5 nm y 200 nm.

8. Componente semiconductor optoelectrónico (1) según una de las reivindicaciones precedentes, en el cual

- directamente en un lado de la capa de diodos (41), apartado del lado anterior (10), se encuentra una segunda capa de contacto (42), que es una capa de Si con un dopado de B, Al y/o Ga, con una concentración de material de dopado de al menos 1×10^{19} $1/cm^3$, y con un grosor de entre inclusive 30 nm y 300 nm, y

- la capa de diodos (41) hacia el lado de entrada de radiación (10), limita directamente contra una capa portadora (43) de Si dopado, con un grosor de entre inclusive 30 µm y 600 µm.

9. Componente semiconductor optoelectrónico (1) según una de las reivindicaciones precedentes, en el cual las capas semiconductoras del primer y/o del segundo diodo (2, 4) son monocristalinas, policristalinas o amorfas.

10. Componente semiconductor optoelectrónico (1) según una de las reivindicaciones precedentes, el cual es una célula solar tándem.

FIG 1

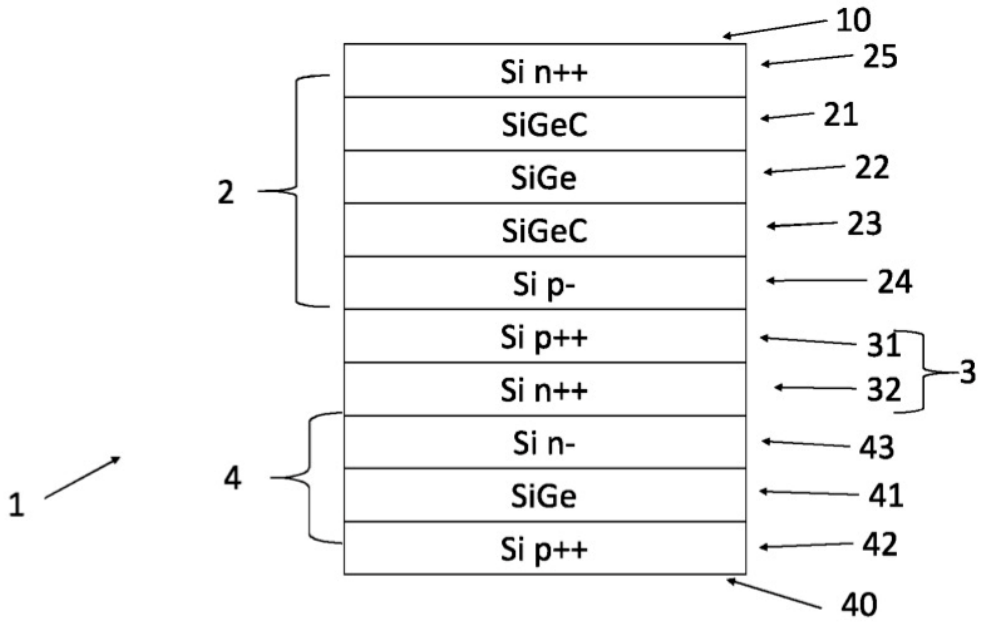

10
Si n++
25
SiGeC
21
SiGe
22
SiGeC
23
Si p-
24
Si p++
31
Si n++
32
3
2
Si n-
43
SiGe
41
Si p++
42
4
1
40

FIG 2

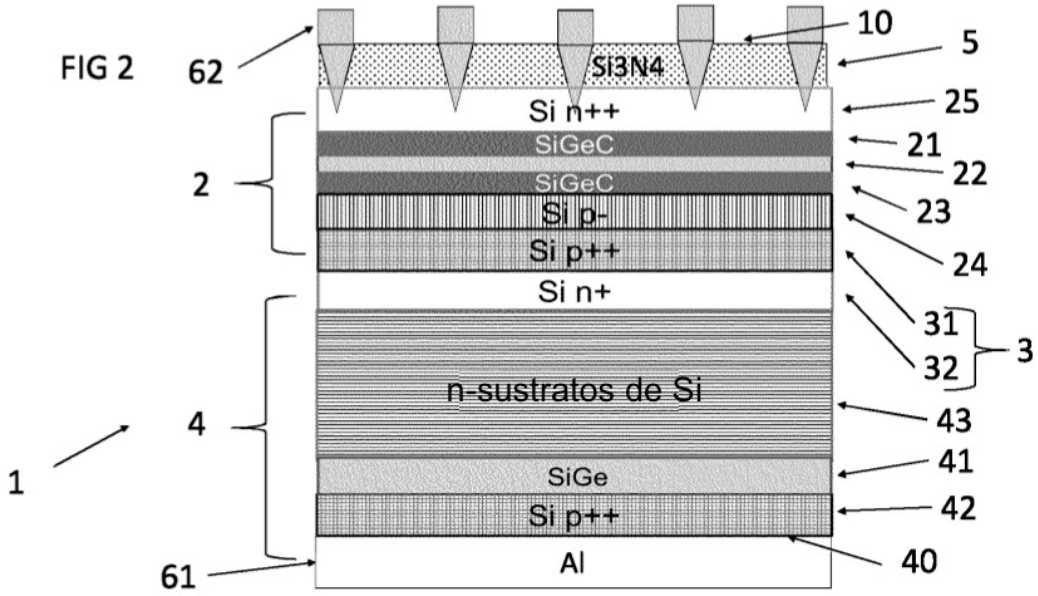

62
10
Si3N4
5
Si n++
25
SiGeC
21
SiGeC
22
Si p-
23
Si p++
24
2
Si n+
31
32
3
n-sustratos de Si
43
4
SiGe
41
Si p++
42
1
61
Al
40

FIG 3

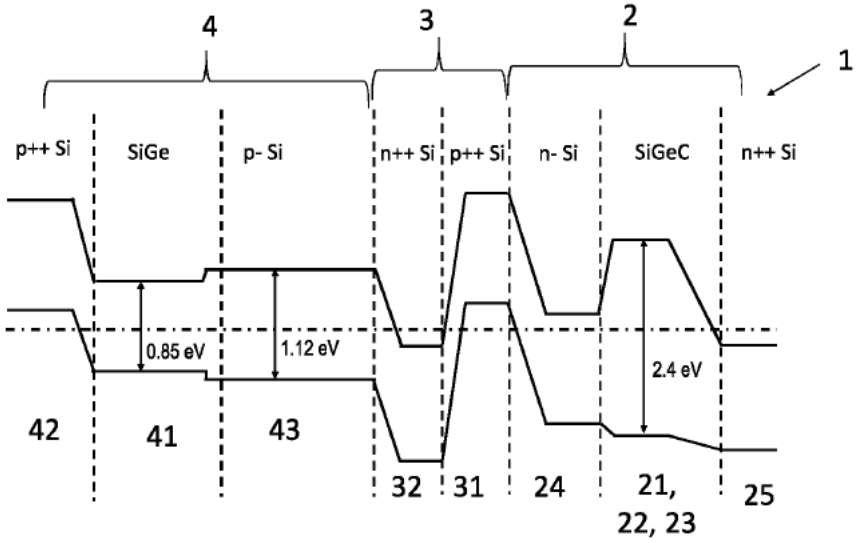
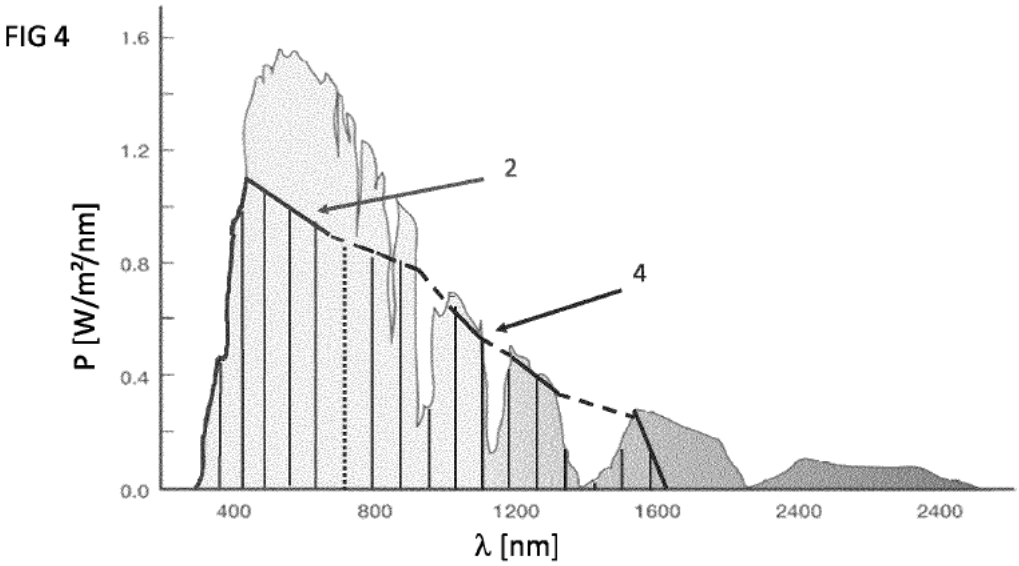

4
3
2
1
p++ Si
SiGe
p- Si
n++ Si
p++ Si
n- Si
SiGeC
n++ Si
0.85 eV
1.12 eV
2.4 eV
42
41
43
32
31
24
21,
22, 23
25

FIG 4


1.6
1.2
0.8
0.4
0.0
P [W/m²/nm]
2
4
400
800
1200
1600
2400
2400
λ [nm]