



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 359 367**

51 Int. Cl.:
H01L 31/055 (2006.01)
H01L 31/052 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **08784787 .7**
96 Fecha de presentación : **15.07.2008**
97 Número de publicación de la solicitud: **2195859**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **16.06.2010**

54 Título: **Elemento solar de eficiencia incrementada y procedimiento para incrementar la eficiencia.**

30 Prioridad: **24.09.2007 DE 10 2007 045 546**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
20.05.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
20.05.2011

73 Titular/es: **Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung
der Angewandten Forschung e.V.
Hansastraße 27C
80686 München, DE
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg**

72 Inventor/es: **Goldschmidt, Jan Christoph;
Löper, Philipp y
Peters, Marius**

74 Agente: **Carpintero López, Mario**

ES 2 359 367 T3

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

Elemento solar de eficiencia incrementada y procedimiento para incrementar la eficiencia

La presente invención se refiere a un elemento solar de eficiencia incrementada, así como a un procedimiento para incrementar la eficiencia de una célula solar.

- 5 Más del 20% de la energía contenida en el espectro solar se pierde por las llamadas pérdidas 'sub-bandgap' al convertir la radiación incidente mediante células solares de silicio. Así se denominan las pérdidas que se producen porque la energía de un fotón individual no es suficiente para generar un electrón libremente móvil. Se producen cuando la energía de un fotón queda por debajo de la llamada energía de banda inhábil. Este tipo de pérdidas se producen en todos los tipos de células solares. Su envergadura depende de la energía de banda inhábil del material
10 empleado en la célula solar. Dichas pérdidas se puede reducir convirtiendo, con los llamados materiales convertidores elevadores, varios fotones con energía demasiado baja en un fotón con energía suficiente.

Durante ello, se producen los siguientes problemas: En primer lugar, es bastante estrecho el intervalo de absorción de los convertidores elevadores. Para la conversión elevadora entran en consideración únicamente los pocos fotones en esta región espectral.

- 15 Para poder aprovechar más fotones para la conversión elevadora, se puede utilizar una sustancia con propiedades luminescentes especiales. Ésta absorbe en la totalidad o en una parte de la región espectral entre la banda inhábil y el intervalo de absorción del convertidor elevador y emite radiación con una longitud de ondas que puede ser aprovechada por el material convertidor elevador para la conversión elevadora. Sin embargo, las sustancias con propiedades luminescentes correspondientes que entran en consideración absorben también en la región espectral en
20 la que los convertidores elevadores irradian la luz convertida con elevación. Esto hace que sólo una pequeña parte de la radiación convertida con elevación alcance la célula solar. Por lo tanto, sin medidas adicionales, una gran parte de la radiación convertida con elevación se pierde por absorción no deseada.

- Otro problema consiste en que la eficiencia de la conversión de dos fotones de baja energía en uno con energía más elevada es muy pequeña. La conversión elevadora es un proceso no lineal en el que está implicado más de un fotón.
25 Por ello, la eficiencia de la conversión elevadora se incrementa, al menos con bajas intensidades, de forma lineal a la densidad de flujo de los fotones que pueden ser aprovechados en principio por el convertidor elevador (A. Shalav, B. S. Richards, T. Trupke y col., Appl. Phys. Lett. 86 (2005) 13505). El problema de las eficiencias muy bajas de la conversión elevadora puede atenuarse, pues, mediante la concentración de la luz solar incidente. En T. Trupke, M. A. Green, P. Würfel, Journal of Applied Physics, 92, 71 (2002), se menciona la posibilidad de la concentración mediante
30 una lente. Para el análisis experimental de los efectos de la conversión elevadora, generalmente, se usan láseres de alta intensidad (en comparación con el espectro solar en la región espectral correspondiente).

El ensanchamiento de la región espectral aprovechable para la conversión elevadora con colorantes fluorescentes se describe brevemente en C. Strümpel, M. McCann, C. del Cañizo y col., Proceedings of the 20th EUPVSEC (2005), Barcelona. No obstante, no se proponen realizaciones concretas.

- 35 Por Strumpel y col. "Modifying the solar spectrum to enhance silicon solar cell efficiency - An overview of available materials" Solar Energy Materials and Solar Cells, Elsevier Science Publishers, Amsterdam, NL, tomo 91, nº 4, 10 de diciembre de 2006 (2006-12-10), páginas 238-249, XP005882124, ISSN: 0927-0248, se conoce el uso de elementos luminescentes y convertidores elevadores para incrementar la eficiencia de células solares.

- 40 La presente invención, en primer lugar, tiene el objetivo de minimizar por absorción la pérdida de la radiación convertida con elevación. Este objetivo se consigue mediante el elemento solar según la reivindicación 1 y mediante el procedimiento según la reivindicación 16. Algunas variantes ventajosas de la célula solar según la invención y del procedimiento según la invención se indican en las reivindicaciones subordinadas correspondientes.

- La invención está basada en la idea de separar el convertidor elevador espacialmente de los elementos luminescentes y disponer entre los convertidores elevadores y los elementos luminescentes primeras capas o estructuras de reflexión selectiva y/o de transmisión selectiva. Preferentemente, dichas estructuras de reflexión selectiva reflejan la radiación electromagnética con energías superiores a la energía de banda inhábil de la célula solar. La radiación electromagnética, cuya frecuencia se sitúa entre la menor frecuencia convertible por el convertidor elevador y la frecuencia de banda inhábil de la célula solar debe ser transmitida preferentemente por la estructura de reflexión selectiva. De esta manera, la radiación incide en los elementos luminescentes con una frecuencia inferior a la
50 frecuencia de banda inhábil de la célula solar. Éstos emiten la radiación entonces con frecuencias que pueden ser convertidas por el convertidor elevador. Dicha radiación atraviesa la capa de reflexión selectiva e incide en el convertidor elevador. Éste convierte la radiación incidente y emite radiación con frecuencias superiores a la frecuencia de banda inhábil de la célula solar. Dado que la capa de reflexión selectiva refleja radiación con frecuencias superiores a la energía de banda inhábil, la radiación emitida por el convertidor elevador no puede volver al elemento

luminescente y, por tanto, no se absorbe allí.

5 Según la invención, el elemento solar presenta al menos una célula solar que tiene una frecuencia de banda inhábil ν_{BG} . Además, el elemento solar según la invención presenta al menos un elemento luminescente que absorbe radiación electromagnética con frecuencias situadas entre dos frecuencias ν_{LE1} y ν_{LE2} y que emite radiación electromagnética con al menos una frecuencia ν_{LE3} . Preferentemente, los elementos luminescentes están dispuestos de tal forma que la radiación procedente de una fuente de luz, como por ejemplo el sol, que debido a su baja energía no se absorbe en la célula solar, irradie a través de ésta hacia los elementos luminescentes. Por tanto, las células solares y los elementos luminescentes están dispuestos unos detrás de otros respectivamente en el sentido de la trayectoria de rayos de la radiación incidente.

10 El elemento solar según la invención presenta además al menos un convertidor elevador que absorbe radiación electromagnética con frecuencias situadas entre dos frecuencias ν_{HK1} y ν_{HK2} y que emite radiación electromagnética con al menos una frecuencia ν_{HK3} . Dicho convertidor elevador está dispuesto de tal forma que la luz que es emitida por el elemento luminescente incida en el convertidor elevador.

15 Según la invención, entre los elementos luminescentes y los convertidores elevadores está dispuesta al menos una capa de reflexión selectiva que refleja una parte de la radiación electromagnética incidente y que transmite una parte de dicha radiación.

20 Los elementos luminescentes están elegidos de tal forma que la menor frecuencia ν_{LE1} absorbida por ellos sea menor que la energía de banda inhábil de la célula solar ν_{BG} . Según la invención, la radiación ν_{LE3} emitida por los elementos luminescentes se sitúa en el intervalo de frecuencias que puede ser absorbido por el convertidor elevador, es decir entre ν_{HK1} y ν_{HK2} . Entonces, el convertidor elevador emite radiación con una frecuencia ν_{HK3} que es superior o igual a la frecuencia de banda inhábil de la célula solar ν_{BG} .

25 Es decir, cuando la luz de una fuente de luz incide en la célula solar, la parte de la luz que tiene una frecuencia superior a la frecuencia de banda inhábil de la célula solar es absorbida por la célula solar, mientras que la radiación con frecuencias inferiores atraviesa la célula solar. Dicha radiación que atraviesa la célula solar incide ahora en los elementos luminescentes que absorben una parte de dicha radiación. Entonces, los elementos luminescentes irradian luz o radiación con al menos una frecuencia determinada o en al menos un intervalo de frecuencias preferentemente estrecho. Esta radiación emitida, normalmente, se emite de forma no direccional. Al menos una parte de esta radiación incide ahora en convertidores elevadores que convierten la radiación en radiación de frecuencia más elevada. Dado que entre los elementos luminescentes y los convertidores elevadores están dispuestas las primeras capas de reflexión selectiva, por una parte, la radiación que se ha de convertir con elevación puede pasar del elemento luminescente al convertidor elevador, pero por otra parte, la radiación convertida con elevación no puede irradiar hacia el elemento luminescente. Por tanto, la radiación convertida con elevación se irradia en dirección a la célula solar incidiendo al menos en parte en la célula solar.

35 Por lo tanto, lo esencial según la invención es que los elementos luminescentes y los convertidores elevadores están dispuestos unos al lado de otros estando separados respectivamente por una primera estructura de reflexión selectiva. Además, los convertidores elevadores están dispuestos de forma adyacente a las células solares, de forma que la radiación convertida con elevación puede incidir en la célula solar. Preferentemente, los elementos luminescentes también están dispuestos de forma adyacente a la célula solar, para que la radiación no absorbida por la célula solar pueda atravesarla hacia los elementos luminescentes.

40 Resulta preferible que por donde no estén dispuestos de forma adyacente a la célula solar, a la primera capa de reflexión, al convertidor elevador o a otros elementos, los elementos luminescentes estén rodeados de espejos. Estos espejos pueden cubrir en parte o completamente las superficies correspondientes de los elementos luminescentes. Preferentemente, las superficies laterales de los elementos luminescentes son planas, de modo que los espejos que también son planos estén dispuestos paralelamente respecto a dichas superficies laterales. Mediante estos espejos se consigue que la radiación de frecuencia adecuada sea absorbida completamente por el elemento luminescente y que la radiación emitida por el elemento luminescente llegue completamente al convertidor elevador.

50 Como ya se ha descrito, resulta ventajoso que la primera estructura de reflexión transmita radiación electromagnética con frecuencias superiores a la frecuencia de banda inhábil de la célula solar ν_{BG} y radiación electromagnética con frecuencias situadas entre la menor radiación convertible con elevación ν_{HK1} y la frecuencia de banda inhábil ν_{BG} . Al menos la primera estructura de reflexión selectiva debería transmitir la radiación electromagnética con frecuencias situadas entre ν_{HK1} y ν_{HK2} . De manera ventajosa, la mayor parte posible de la luz con frecuencias superiores a ν_{BG} debería ser reflejada por la primera estructura de reflexión selectiva.

Resulta especialmente ventajoso que las primeras estructuras de reflexión selectiva transmitan radiación electromagnética con frecuencias situadas entre ν_{HK2} y ν_{BG} .

Generalmente, no es necesario que los componentes mencionados del elemento solar colindan entre ellos directamente, es decir, en unión geométrica. No obstante, especialmente para una fabricación sencilla y para un pequeño tamaño de construcción resulta ventajoso que al menos algunos o todos los elementos mencionados colindan o se toquen directamente entre ellos. Así, el al menos un elemento luminescente puede estar dispuesto de forma directamente colindante a la primera estructura de reflexión selectiva y/o al menos una primera estructura de reflexión selectiva puede estar dispuesta de forma directamente colindante con al menos un convertidor elevador y/o al menos un convertidor elevador puede estar dispuesto de forma directamente colindante con una célula solar. Entre la célula solar y los elementos luminescentes puede existir un intervalo de aire, pueden estar dispuestos materiales transparentes a la luz o a la radiación, o bien, la célula solar y los elementos luminescentes pueden estar dispuestos de forma que se toquen entre ellos.

Como ya se ha descrito, la eficiencia de los convertidores elevadores se incrementa con la intensidad de la radiación irradiada. Por ello, para la presente invención resulta ventajoso que la radiación pueda concentrarse al convertidor elevador. Según la invención, esto se puede conseguir de tal forma que la suma de aquella parte de la superficie de los convertidores elevadores que está orientada hacia la célula solar, más las partes de la superficie de los elementos luminescentes que están orientadas hacia la célula solar, pero que no están cubiertas por un convertidor elevador, sea superior a la suma de las superficies entre los elementos luminescentes y los convertidores elevadores. Resulta especialmente ventajoso que los elementos luminescentes estén rodeados por capas o estructuras reflectantes. Preferentemente, en los lados de los elementos luminescentes, directamente adyacentes a la célula solar, se dispone al menos una segunda estructura de reflexión selectiva que refleja una parte de la radiación que incide en ella y que transmite una parte de la radiación que incide en ella. Por lo tanto, esa segunda estructura de reflexión selectiva está dispuesta entre los elementos luminescentes y la célula solar. En aquellos lados de los elementos luminescentes que no están orientados ni a la célula solar ni a un elemento de conversión elevadora, preferentemente, están dispuestos espejos que reflejan al menos la luz que tiene frecuencias situadas entre la menor frecuencia que puede ser absorbida por el elemento luminescente o la frecuencia emitida por elementos luminescentes, según la que sea menor, y la frecuencia de banda inhábil de la célula solar.

Preferentemente, la segunda estructura de reflexión selectiva refleja una radiación electromagnética con la al menos una frecuencia ν_{LE3} emitida por el elemento luminescente correspondiente. La radiación electromagnética con frecuencias entre ν_{LE1} y ν_{LE2} . Se transmite radiación electromagnética con frecuencias situadas entre ν_{LE1} y ν_{LE2} . Alternativamente, también puede ser transmitida radiación electromagnética con frecuencias situadas entre ν_{LE1} y ν_{BG} y superior a ν_{BG} , siendo reflejada sin embargo aquella radiación con la al menos una frecuencia ν_{LE3} que es emitida por el elemento luminescente.

Resulta especialmente ventajoso que las primeras capas reflectantes cubran completamente las zonas limítrofes correspondientes entre los elementos luminescentes y los convertidores elevadores adyacentes correspondientes. Esto significa que el lado de cada elemento luminescente, que está orientado hacia el convertidor elevador correspondiente, está cubierto completamente por la primera capa de reflexión selectiva. Además, resulta especialmente preferible que la segunda capa de reflexión selectiva cubra completamente las zonas de la superficie de los elementos luminescentes, que están orientadas hacia la célula solar siendo directamente adyacentes a la célula solar. Es importante que estén cubiertas por la segunda capa de reflexión selectiva aquellas zonas de los elementos luminescentes que a través de dicha segunda capa de reflexión selectiva colindan con la célula solar a través de capas intermedias totalmente transparentes en el intervalo de frecuencias en cuestión o a través del aire. Allí donde los elementos luminescentes colindan con una primera capa de reflexión selectiva o con un convertidor elevador, no está dispuesta ninguna capa de reflexión selectiva.

El objetivo de concentrar la radiación al convertidor elevador se consigue porque aquellas zonas de los elementos luminescentes que están orientadas hacia la radiación incidente, es decir, hacia la célula solar, tienen una mayor superficie que aquellas que están orientadas hacia los convertidores elevadores. De esta manera, la radiación incide en el elemento luminescente por una gran superficie, pero lo abandona sólo por una pequeña superficie en dirección al convertidor elevador. Todas las demás superficies de los elementos luminescentes, que no sean las orientadas hacia los convertidores elevadores, están limitadas preferentemente por espejos o por segundas estructuras de reflexión selectiva. De esta manera, se fomenta una concentración al convertidor elevador de la luz emitida por el elemento luminescente.

Preferentemente, en cada superficie de los elementos luminescentes en la que no esté dispuesta ninguna capa de reflexión selectiva está dispuesto un espejo.

El elemento solar según la invención puede realizarse de distintas maneras. Una posibilidad consiste en disponer un convertidor elevador entre un elemento luminescente y la célula solar. Si el convertidor elevador está dispuesto, por toda la superficie del elemento luminescente orientada hacia la célula solar, entre la célula solar y el elemento luminescente no se consigue ningún efecto de concentración, pero se soluciona el problema de la absorción de la radiación convertida. La primera capa de reflexión selectiva está dispuesta entre el convertidor elevador y el elemento

luminescente. No existe una segunda capa de reflexión selectiva.

No obstante, los convertidores elevadores también pueden cubrir sólo una parte de la superficie del elemento luminescente orientada hacia la célula solar. En este caso, la primera capa de reflexión selectiva está dispuesta entre el convertidor elevador y el elemento luminescente, mientras que allí donde el elemento luminescente es adyacente a la célula solar sin que esté dispuesto un convertidor elevador entre medias, preferentemente está aplicada una segunda capa de reflexión selectiva. En este caso, se consigue el efecto de concentración descrito anteriormente. Generalmente, se puede conseguir un efecto de concentración si la suma de todas aquellas superficies de los convertidores elevadores que están orientadas hacia la célula solar, de tal forma que la luz que sale de ellos incide en la célula solar, más las superficies de los elementos luminescentes orientadas hacia la célula solar, pero no a un convertidor elevador, es superior a la suma de aquellas áreas de superficie con las que los elementos luminescentes están orientados hacia los convertidores elevadores, es decir, donde los elementos luminescentes están cubiertos por convertidores elevadores.

Otra posibilidad de realizar el elemento solar según la invención consiste en disponer uno o varios convertidores elevadores entre elementos luminescentes o rodeados por elementos luminescentes. En este caso, los convertidores elevadores colindan con la célula solar respectivamente por una superficie lateral, mientras que por sus superficies laterales no paralelas, preferentemente perpendiculares, colindan con los elementos luminescentes a través de una primera capa de reflexión selectiva respectivamente. Entonces, en los lados orientados hacia la célula solar, los elementos luminescentes preferentemente están provistos de segundas estructuras reflectantes, y en los lados que no están orientados ni hacia la célula solar ni hacia un convertidor elevador, están provistos de espejos.

Se puede conseguir a su vez una concentración, si las superficies de los elementos luminescentes, orientadas hacia la radiación incidente, es decir hacia la célula solar, son en total más grandes que las superficies que colindan con los convertidores elevadores.

Tanto para los convertidores elevadores como para los elementos luminescentes resultan adecuados especialmente los cuadrados, los dados, los cilindros y objetos regularmente geométricos similares. Resultan especialmente adecuadas las estructuras cuadradas con superficies laterales perpendiculares unas respecto a otras.

Preferentemente, el convertidor elevador presenta o está compuesto por fluoruro de sodio-iterbio ($\text{NaYF}_4:\text{Er}^{3+}$) dotado de erbio.

Además, como convertidores elevadores se ofrecen cristales inorgánicos (como bulk, material microcristalino o nanocristalino) como, por ejemplo Al_2O_3 , NaYF_4 , $\text{Er}(\text{PO}_3)_3$, $\text{Lu}(\text{PO}_3)_3$, $\text{Lu}(\text{PO}_3)_3$, $\text{Y}(\text{PO}_3)_3$, $\text{Gd}(\text{PO}_3)_3$, dotados o codotados con tierras raras como, por ejemplo, erbio, iterbio, disprosio o con metales de transición, por ejemplo, con erbio e iterbio o con metales de transición y tierras raras.

Como colorantes para el elemento luminescente pueden usarse cianina, polimetinas, radicales del tipo Wurster y Weitz, violenos de polimetina, aniones de monoquinona, tetratietracenos, cristales dotados de tierras raras o compuestos organometálicos, compuestos de metales de transición, puntos cuánticos, por ejemplo de PbSe, PbS (también en las llamadas configuraciones core-shell).

Éstos se incorporan en PMMA, policarbonato, otros polímeros altamente transparentes, vidrio o vitrocerámicas.

A continuación, la invención se describe con la ayuda de algunos ejemplos.

Muestran:

La figura 1 una primera forma de realización del elemento solar según la invención y

la figura 2 una segunda forma de realización del elemento solar según la invención.

La figura 1 muestra una posible configuración de la presente invención. Aquí, un elemento luminescente 2 cuadrado está provisto de espejos 5 en cinco de sus lados. Una célula solar está dispuesta junto al sexto lado, no provisto de espejos 5, del elemento luminescente 2, con el plano paralelo a dicho lado. Entre la célula solar 1 y el lado del material luminescente 2, no provisto de espejos, están dispuestos convertidores elevadores 3a, 3b y 3c. Estos convertidores elevadores tocan directamente la célula solar 1. Entre el elemento luminescente 2 y los convertidores elevadores 3a, 3b y 3c está dispuesta respectivamente una primera capa de reflexión selectiva 9a, 9b y 9c.

El detalle 22 muestra la transparencia de la primera capa de reflexión selectiva 9b. La radiación 6, cuya frecuencia es superior a la frecuencia de banda inhábil ν_{BG} de la célula solar 1 es absorbida por la capa de reflexión selectiva 9b. La radiación 8 que es absorbida por el material luminescente, es decir que tiene una frecuencia situada entre ν_{LE1} y ν_{LE2} es transmitida por la estructura de reflexión selectiva 9b. Asimismo se transmite la radiación 7, cuya frecuencia se sitúa en un intervalo o que puede ser convertido por el convertidor elevador, es decir, entre ν_{HK1} y ν_{HK2} .

En las zonas en las que el lado del elemento luminescente 2, que no está provisto de un espejo 5, no colinda con un convertidor elevador 3a, 3b ó 3c, la superficie del elemento luminescente 2 está provista de segundas estructuras de reflexión selectiva 10a, 10b, 10c y 10d. Estas estructuras 10a a 10d están aplicadas en unión geométrica sobre el material luminescente 2. La ampliación 21 muestra como la radiación es transmitida o reflejada por dicha segunda estructura de reflexión selectiva. La radiación 6 con una frecuencia superior a la frecuencia de banda inhábil v_{BG} de la célula solar 1 es reflejada por la capa de reflexión selectiva 10a a 10d. Asimismo es reflejada la radiación 7 con una frecuencia que puede ser convertida por el convertidor elevador 3a, 3b ó 3c. En cambio, la radiación 8, cuya frecuencia se sitúa entre v_{LE1} y v_{BG} , es decir que sí puede ser absorbida por el material luminescente, pero no por el convertidor elevador, es transmitida por la capa de reflexión selectiva 10a a 10d.

10 A través de conexiones 4a a 4b, la célula solar está conectada eléctricamente.

Cuando la radiación 6 aprovechable por la célula solar incide en la célula solar 1, ésta es absorbida. La radiación 8, cuya frecuencia es inferior a la frecuencia de banda inhábil v_{BG} de la célula solar 1, es transmitida por la célula solar 1 e incide en el material luminescente 2. A continuación, el material luminescente 2 emite luz 7 con una frecuencia que puede ser convertida por el convertidor elevador 3a, 3b ó 3c. Si esta radiación 7 incide en la segunda estructura de reflexión selectiva, se vuelve a reflejar al material luminescente 2. En cambio, si incide en la primera estructura de reflexión selectiva 9a, 9b ó 9c, es transmitida al convertidor elevador 3a, 3b ó 3c. En este convertidor elevador 3a, 3b ó 3c se convierte entonces en radiación 6 con una frecuencia superior a v_{BG} que, a continuación, se irradia a la célula solar 1. La suma de las superficies del elemento luminescente que están orientadas hacia la célula solar 1, pero que no están cubiertas por un convertidor elevador 3a, 3b ó 3c y que están orientadas hacia la célula solar, es superior a la de la superficie de las primeras estructuras de reflexión selectiva 9a, 9b y 9c juntas. Esto incrementa la eficiencia de los convertidores elevadores.

La figura 2 muestra otra forma de realización de la presente invención. Aquí están dispuestos, rodeados de espejos 5 dispuestos perpendicularmente unos encima de otros, elementos luminescentes cuadrados 2a, 2b, 2c y 2d, así como convertidores elevadores cuadrados 3a, 3b y 3c. Los convertidores elevadores 3a a 3c están situados entre los elementos luminescentes 2a a 2d. Las superficies laterales de los convertidores elevadores 3a a 3c y de los elementos luminescentes 2a a 2d están dispuestos paralelamente entre sí y paralelamente respecto a los espejos 5 perpendiculares con respecto a la célula solar. Respectivamente entre dos elementos luminescentes 2a, 2b, 2c ó 2d está dispuesto un convertidor elevador 3a, 3b ó 3c, respectivamente. Paralelamente respecto al plano, en el que están dispuestos unos al lado de otros los elementos luminescentes y los convertidores elevadores, está dispuesta una célula solar 1 que toca aquel lado del convertidor elevador correspondiente, que está en contacto con un elemento luminescente o con un espejo 5. Dicha célula solar 1, a su vez, está conectada eléctricamente por contactos 4a, 4b.

Cuando la radiación 6 incide en la célula solar 1, cuya frecuencia es superior a la frecuencia de banda inhábil v_{BG} de la célula solar 1, es absorbida por la célula solar. En cambio, la radiación 8, cuya frecuencia es inferior a la frecuencia de banda inhábil v_{BG} de la célula solar 1 es transmitida por ésta e incide en un elemento luminescente 2a a 2d. A continuación, éste emite la radiación 7 que a través de una primera capa de reflexión selectiva 9a a 9f incide en un convertidor elevador 3a a 3c. Éste convierte la radiación 7 en radiación 6, cuya frecuencia es superior a la frecuencia de banda inhábil de la célula solar y que, por tanto, puede ser convertida por ésta en energía eléctrica. Aquel lado de los elementos luminescentes 2a a 2d que no colinda ni con un espejo ni, a través de una primera estructura de reflexión selectiva, con un convertidor elevador, está cubierto de una segunda capa de reflexión selectiva 10a, 10b, 10c ó 10d.

40 Las transparencias de la primera capa de reflexión selectiva están representadas a su vez en una ampliación 22. La transparencia de la segunda capa de reflexión selectiva está representada en la ampliación 21. Las funciones de dichas capas de reflexión selectiva 9a y 10a corresponden a las de la figura 1.

REIVINDICACIONES

- 1.- Elemento solar con al menos una célula solar (1) que tiene una frecuencia de banda inhábil v_{BG} , con al menos un elemento luminescente (2) que absorbe radiación electromagnética con frecuencias situadas entre dos frecuencias v_{LE1} y $v_{LE2} \geq v_{LE1}$ y que emite radiación electromagnética con al menos una frecuencia v_{LE3} , y con al menos un convertidor elevador (3a, 3b, 3c) que absorbe radiación electromagnética con frecuencias situadas entre dos frecuencias v_{HK1} y $v_{HK2} \geq v_{HK1}$ y que emite radiación con al menos una frecuencia v_{HK3} , así como con al menos una primera estructura de reflexión selectiva (9a, 9b, 9c) que refleja una parte de la radiación electromagnética incidente y que transmite una parte de la radiación incidente, siendo v_{LE1} inferior a v_{BG} , siendo aplicable para al menos una de las al menos una frecuencias v_{LE3} , $v_{HK1} \leq v_{LE3} \leq v_{HK2}$, y siendo aplicable para al menos una de las al menos una frecuencias v_{HK3} , $v_{HK3} \geq v_{BG}$, **caracterizado porque** los al menos un elementos luminescentes están dispuestos de forma adyacente a al menos una de las primeras estructuras de reflexión selectiva, respectivamente, y las al menos una primeras estructuras de reflexión selectiva están dispuestas de forma adyacente a al menos uno de los convertidores elevadores, respectivamente, y el al menos un convertidor elevador está dispuesto de forma adyacente a la célula solar.
- 2.- Elemento solar según la reivindicación anterior, **caracterizado porque** los convertidores elevadores presentan como parte de su superficie al menos un área orientada hacia un elemento luminescente y la primera estructura de reflexión selectiva cubre completamente dicha superficie.
- 3.- Elemento solar según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por al menos un espejo (5) dispuesto de forma adyacente o colindante a al menos un elemento luminescente (2), siendo el plano del espejo paralelo a la superficie de éste.
- 4.- Elemento solar según la reivindicación anterior, **caracterizado porque** las primeras estructuras de reflexión selectiva (9a, 9b, 9c) reflejan radiación electromagnética con frecuencias $\geq v_{BG}$ y transmiten radiación electromagnética con frecuencias situadas entre v_{HR1} y v_{BG} .
- 5.- Elemento solar según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** al menos un elemento luminescente (2) está dispuesto de forma directamente colindante con una primera estructura de reflexión selectiva (9a, 9b, 9c) y/o al menos una primera estructura de reflexión selectiva está dispuesta de forma directamente colindante con al menos un convertidor elevador y/o al menos un convertidor elevador está dispuesto de forma directamente colindante con una célula solar.
- 6.- Elemento solar según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** en al menos una parte de la superficie de los al menos un elementos luminescentes está dispuesta una segunda estructura de reflexión selectiva (10a, 10b, 10c, 10d) que es adyacente a la célula solar (1) y que refleja una parte de la radiación que incide en ella y que transmite una parte de la radiación que incide en ella.
- 7.- Elemento solar según la reivindicación anterior, **caracterizado porque** los al menos un elementos luminescentes (2) presentan como parte de su superficie al menos un área orientada hacia la célula solar (1), y la segunda estructura de reflexión selectiva cubre dicha área totalmente por todas aquellas partes donde no esté dispuesta ninguna estructura de reflexión selectiva (9a, 9b, 9c) ni convertidor elevador (3a, 3b, 3c).
- 8.- Elemento solar según una de las dos reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la segunda estructura de reflexión selectiva (10a, 10b, 10c, 10d) refleja radiación electromagnética con al menos una frecuencia v_{LE3} y radiación electromagnética con frecuencias situadas entre v_{LE1} y v_{BG} .
- 9.- Elemento solar según una de las reivindicaciones 6 a 8, **caracterizado porque** la suma de la parte de la superficie de los convertidores elevadores que está orientada hacia la célula solar y la parte de la superficie de los elementos luminescentes que está orientada hacia la célula solar, pero no hacia un convertidor elevador, es superior a la suma de las áreas de superficie con las que los convertidores elevadores están orientados hacia los elementos luminescentes.
- 10.- Elemento solar según una de las reivindicaciones 6 a 9, **caracterizado porque** la superficie total de las segundas estructuras de reflexión selectiva es mayor que la superficie total de las primeras estructuras de reflexión selectiva.
- 11.- Elemento solar según una de las reivindicaciones 6 a 10, **caracterizado porque** la parte de las superficies de los elementos luminescentes que está orientada hacia la célula solar es mayor que la parte de las superficies de los elementos luminescentes que está orientada hacia los convertidores elevadores.
- 12.- Elemento solar según una de las reivindicaciones 3 a 11, **caracterizado porque** están dispuestos espejos (5) en cada una de las superficies de los elementos luminescentes en las que no esté dispuesta ninguna estructura de reflexión selectiva.
- 13.- Elemento solar según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** al menos uno de los al menos un convertidores elevadores (3a, 3b, 3c) está dispuesto entre un elemento luminescente (2) y una célula solar (1).

14.- Elemento solar según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** al menos uno de los al menos un convertidores elevadores (3a, 3b, 3c) está dispuesto entre al menos dos elementos luminescentes (2), presentando el convertidor elevador al menos una superficie por la que colinda con la célula solar (1).

5 15.- Elemento solar según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el convertidor elevador (3a, 3b, 3c) presenta o está compuesto por fluoruro de sodio e itrio dotado con erbio o por $\text{NaYF}_4:\text{Er}^{3+}$.

10 16.- Procedimiento para incrementar la eficiencia de una célula solar que tiene una frecuencia de banda inhábil ν_{BG} , siendo conducida la luz con una frecuencia inferior a ν_{BG} hacia al menos un elemento luminescente que emite luz, **caracterizado porque** la luz emitida por el elemento luminescente se conduce a un convertidor elevador que emite luz con una frecuencia superior o igual a ν_{BG} , **caracterizado porque** la luz emitida por el al menos un elemento luminescente se conduce a través de una primera estructura de reflexión selectiva que refleja luz con una frecuencia superior a ν_{BG} .

17.- Procedimiento según la reivindicación anterior, **caracterizado porque** se usa un elemento solar según una de las reivindicaciones 1 a 15.

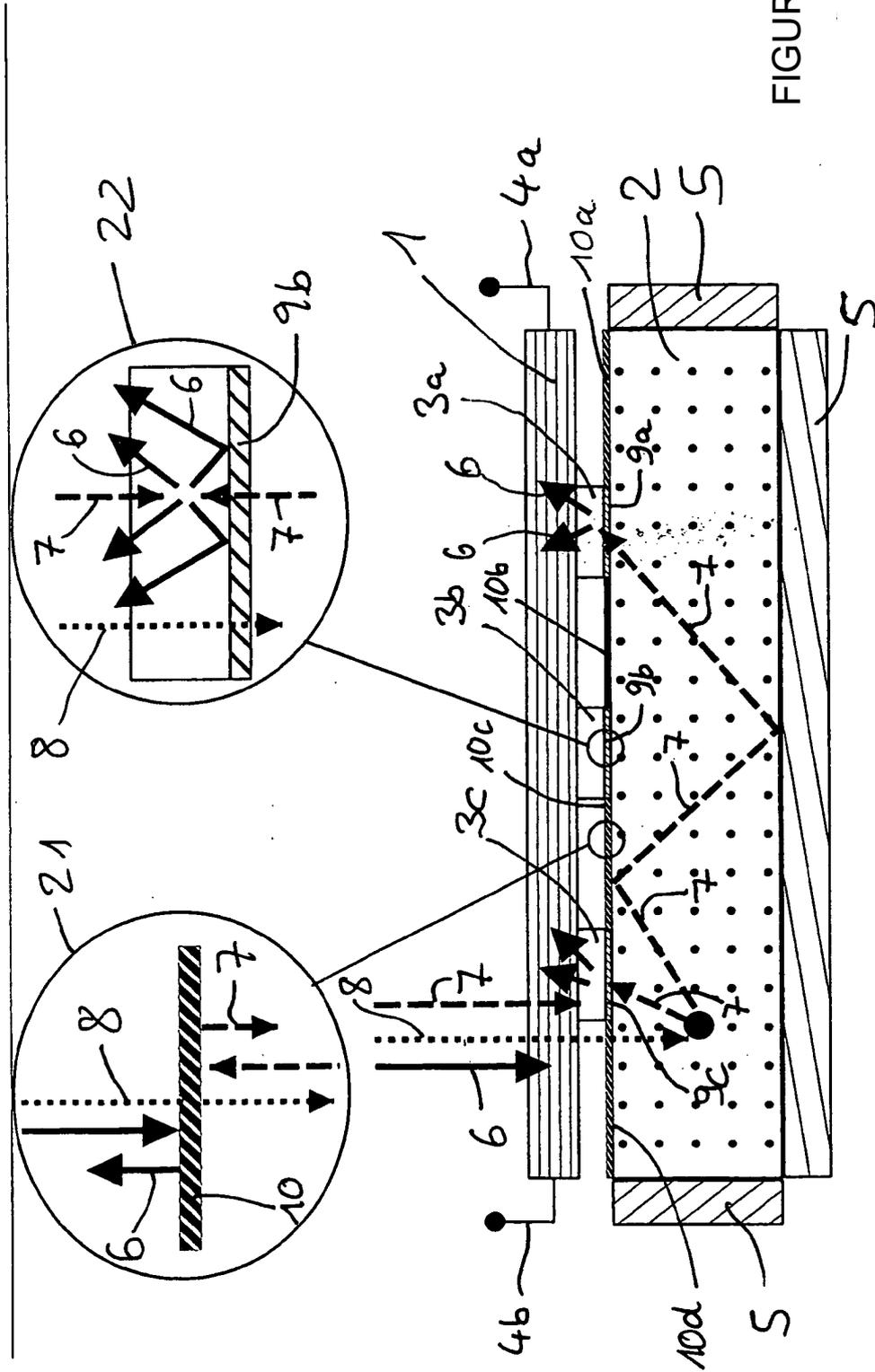


FIGURA 1

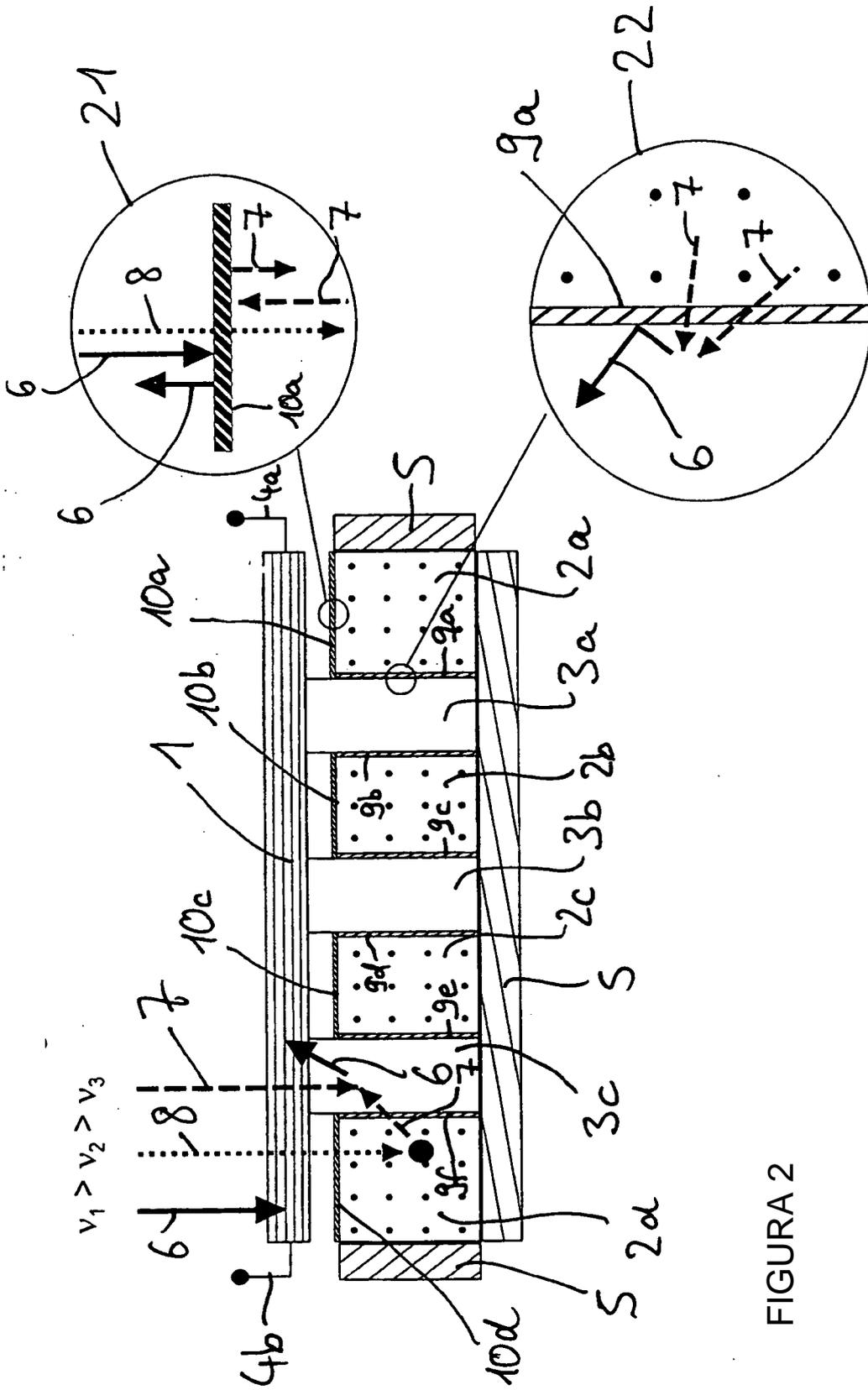


FIGURA 2