

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 391 130**

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

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **08801311 .5**
96 Fecha de presentación: **09.09.2008**
97 Número de publicación de la solicitud: **2191516**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **02.06.2010**

54 Título: **Disposición fotovoltaica con vitrocerámica ópticamente activa**

30 Prioridad:
11.09.2007 DE 102007043215

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
21.11.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
21.11.2012

73 Titular/es:
**FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR
FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN
FORSCHUNG E.V. (100.0%)
Hansastraße 27c
80686 München, DE**

72 Inventor/es:
**WEHRSPHORN, RALF, BORIS y
SCHWEIZER, STEFAN**

74 Agente/Representante:
DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 391 130 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

Disposición fotovoltaica con vitrocerámica ópticamente activa

Campo técnico

5 El invento se refiere a una celda solar así como a un procedimiento para la fabricación de una celda solar, que como mínimo presenta una zona de capa fotovoltaica y una capa interactiva, en la que se produce una conversión up (arriba) y down (abajo) de fotones de tal manera que en la celda solar se puede convertir una gran parte del espectro solar en energía eléctrica.

Estado de la técnica

10 Las celdas solares transforman directamente la energía de la luz solar en energía eléctrica. Las más extendidas hasta la fecha son las celdas solares sobre la base de semiconductores, que dependiendo del material del semiconductor utilizan ante todo el espectro solar en la zona del campo visible y del vecino campo infrarrojo. Las celdas solares sobre la base de semiconductores se componen esencialmente de una capa semiconductor de tipo p y una de tipo n que están situadas entre dos electrodos. En la superficie limítrofe entre las capas p y n, la transición pn, se forma por difusión de portadores de carga una zona de carga espacial que lleva a una tensión eléctrica que puede ser captada por los electrodos.

15 Si un fotón llega con suficiente energía a esa zona de carga espacial, es decir, con una energía mayor que la energía E_g de hueco de banda del material semiconductor, es absorbido con una cierta probabilidad de absorción y excita un electrón de la banda de valencia del material semiconductor hacia la banda conductora del material semiconductor. Por ello, en la banda de valencia se crea un hueco. El electrón excitado en la banda conductora y el hueco forman un par llamado electrón – hueco. Debido a la diferencia de potencial existente en la zona de carga espacial el par electrón – hueco es separado espacialmente. Electrón y hueco se desplazan en dirección opuesta hacia los electrodos, con lo que finalmente se produce un flujo de corriente eléctrica.

20 Como muestran los anteriores comentarios solamente los fotones con una energía mínima que como mínimo se corresponda con la energía de hueco de banda del semiconductor pueden ser transformados en energía, de manera que el rendimiento teóricamente alcanzable para la transformación de la energía de los fotones en energía eléctrica a partir de la luz solar con la ayuda de células solares habituales, está limitado. Además, por ejemplo en la generación de un par electrón -hueco en una célula solar semiconductor con un fotón de alta energía, es decir, un fotón cuya energía sea claramente mayor que la del hueco de banda, por ejemplo dos veces mayor que E_g , una gran parte de la energía del fotón se pierde por termalización, es decir por la entrega de energía no radiante de los portadores de carga generados. Por estos motivos el rendimiento teóricamente alcanzable, por ejemplo, por las celdas solares de silicio está en un máximo del 30%. El rendimiento prácticamente alcanzable en el que además se tiene en cuenta la probabilidad de absorción, es claramente inferior.

25 Además de las celdas solares sobre la base de semiconductores se conocen también mezclas para fabricar celdas solares a partir de otros materiales. Como ejemplo podemos nombrar celdas solares orgánicas o celdas solares de colorante. Ciertamente hasta ahora incluso con esto solo se han alcanzado rendimientos bajos.

30 Por ello se han emprendido diferentes esfuerzos para mejorar el rendimiento de las celdas solares. Una posibilidad para mejorar el rendimiento consiste en la utilización determinada de una parte espectral amplia de la luz solar.

35 Así se conocen las llamadas celdas tándem, que presentan como mínimo dos diferentes zonas de capa semiconductor situadas una sobre la otra, cada una de las cuales forman dos capas fotovoltaicas, es decir zonas de celda solar con diferentes huecos de banda energéticos. Los fotones cuya energía el menor que la del hueco de banda del primer material semiconductor y que por ello atraviesan casi sin pérdidas a este primer material semiconductor pueden ser absorbidos en la segunda celda solar adjunta con menor hueco de banda, siempre y cuando su energía sea mayor que la del hueco de banda del segundo material semiconductor.

40 Además se conoce el crear mediante la introducción determinada de puntos de perturbación en el material semiconductor, niveles intermedios energéticos en el hueco de banda, con lo que también fotones con una energía menor que los electrones del hueco de banda pueden ser excitados a través del nivel intermedio a la banda conductora. La desventaja aquí es sin embargo que debido a los niveles intermedios también se crearán canales de recombinación no radiantes para los pares electrón -hueco, con lo que la mejora deseada del aumento de rendimiento sólo es posible de manera limitada.

45 Otra posibilidad para elevar el rendimiento de las celdas solares consiste en colocar por fuera de la propia celda solar, es decir la zona de capa fotovoltaica en la que se produce la absorción y la separación de cargas, capas en las que tiene lugar una conversión up o una conversión down de la energía de los fotones en el curso de procesos de dos o más fotones. Entonces en la conversión up a partir de fotones de baja energía se producen fotones de energía más alta y en la conversión down a partir de fotones de energía alta se produce como mínimo un fotón de

energía baja, con lo que los fotones generados presentan cada uno una energía suficiente, de manera que ellos pueden generar portadores de carga en la capa fotovoltaica.

5 Sobre esto, del documento WO 03/079457 A1 se desprenden disposiciones en las cuales la propia celda solar está acoplada ópticamente con una capa de conversión up monocristalina con capa reflectora y/o una capa conversión down monocristalina, con lo que se pueden alcanzar aumentos del rendimiento teóricamente alcanzable del hasta 60%. La desventaja es sin embargo que una fabricación de tales capas de conversión monocristalinas es más cara y por tanto aparece económicamente no realizable para la fabricación en serie de módulos solares.

10 También son conocidos trabajos de Gibart et al., publicados en Japón, J.Appl. Ohys: 35; 1996; 4401, en los cuales una cerámica dotada con elementos de tierras raras fue situada detrás de una celda solar GaAs en dirección de la radiación, con el fin de obtener un aumento del rendimiento o una ganancia cuántica mediante una conversión up de fotones de baja energía ($E < E_g$). Ciertamente, Gibart y otros llegan a la conclusión de que no parece efectiva una utilización práctica de la conversión up puesto que con estas medidas y bajo excitación en la zona espectral infrarroja (1W de potencia) solamente pudieron alcanzarse rendimientos del 2,5%.

15 En el documento US 2006/169971 A1 se describe una celda solar con una capa interactiva que presenta una matriz de material inorgánico o de una resina de polímero en la que se contienen puntos cuánticos con un tamaño del orden entre 1 y 10 nanómetros y que son capaces de transformar fotones de alta energía en fotones de baja energía que finalmente serán absorbidos por la capa fotoactiva de la celda solar.

20 En el escrito QIU Et AL: "Fenómenos y mecanismo de fosforescencia duradera en cristales Eu^{+2} dopados con aluminosilicato" JOURNAL OF THE PHYSIC AND THE CHEMISTRY OF SOLIDS ELSEVIER UK, Tomo 59, nr. 9 Septiembre 1998, (1996-09), paginas 1521 – 1525, XP002514843 ISSN: 0022-3697.se desprenden investigaciones en apariciones fosforescentes duraderas de cristales de silicato dopados con europio. Especialmente mencionadas son las investigaciones sobre cristales de aluminosilicato dopados con iones de europio.

25 Además, de la publicación WO 2007/133344 A2 se desprende un elemento fotovoltaica que dispone de una matriz de polímero transparente en la que para la conversión de las longitudes de onda se contienen fósforos que están dopados con tierras raras.

La publicación STRÜMPEL C ET AL: "Modificando el espectro solar para mejorar la eficiencia de las celdas solares. Una perspectiva de los materiales disponibles". SOLAR ENERGY MATERIALS & SOLAR CELLS 91 238 – 249 30, octubre 2006, publica la utilización de tierras raras en nanopartículas sobre no en una matriz de cristal.

Representación del invento

30 La misión consiste en una celda solar con como mínimo una zona de capa fotovoltaica que absorbe como mínimo parcialmente los fotones que caen sobre ella y cuya energía de fotón está por encima de una energía de fotón mínima E_{\min} y libera portadores de carga eléctricos en forma de pares electrón -hueco, que en el interior de la zona de capa fotovoltaica pueden ser separados espacialmente y pueden ser captados mediante como mínimo dos electrodos unidos eléctricamente con la zona de capa fotovoltaica con la formación de una tensión eléctrica, así con cómo mínimo una capa interactiva que la recubre parcialmente en la que como mínimo una parte de los fotones que caen sufren un efecto interactivo con la emisión de fotones de energía de fotón más alta o más baja que aquellos fotones que caen, así como desarrollar un procedimiento para la fabricación de una celda solar de tal manera que presente un rendimiento mejor, que pueda ser fabricada económicamente a nivel industrial y que haga posible una mejora y ampliación de sus posibilidades técnicas de aplicación.

40 La misión será resuelta por una celda solar de acuerdo con la reivindicación1. La misión relativa al procedimiento será resuelta por un procedimiento acorde con la reivindicación 6. Las características que conforman ventajosamente las ideas del invento se desprenden de las correspondientes reivindicaciones subordinadas así como de la consiguiente descripción, haciendo referencia especialmente a los ejemplos constructivos.

45 De acuerdo con la solución se propone el desarrollar una celda solar acorde con el género con las características del preámbulo de la reivindicación 1 de tal manera que la capa interactiva esté construida en forma de una vitrocerámica, en donde la vitrocerámica presenta una matriz cristalina en la que están previstas zonas localmente limitadas con material ópticamente activo que posee la estructura y tamaño de nanopartículas cristalinas, con las cuales los fotones que caen entrar en un efecto interactivo, y porque el material ópticamente activo presenta elementos de las tierras raras.

50 Así de acuerdo con la solución se reconoce que no sólo en capas monocristalinas se pueden alcanzar altas ganancias cuánticas para los procesos de conversión up y down, sino que las nanopartículas cristalinas muestran una alta ganancia cuántica. Mediante el embebido de las nanopartículas en una estructura de matriz se pueden fabricar capas interactivas que pueden ser adaptadas a las diferentes exigencias que, por ejemplo, un monocristal de un material óptico correspondiente no puede cumplir. Especialmente muchos materiales luminiscentes son frágiles mecánicamente y parcialmente solubles en agua o absorbentes del agua (higroscópicos). Por el embebido

de sistemas de este tipo en una matriz cristalina se puede obtener una estabilidad mecánica y química mejorada. Además se puede dejar de lado la costosa y cara fabricación de grandes capas monocristalinas. A partir de las ideas del intento, embeber nanocristales ópticamente activos en una matriz cristalina, se pueden derivar muchas nuevas posibilidades de aplicación que según el estado de la técnica no son posibles.

5 La estructura matricial de la matriz cristalina es amorfa. Así la capa interactiva será construida en forma de una vitrocerámica. La vitrocerámica consiste en una matriz cristalina en la que se han embebido nanopartículas ópticamente activas. Las vitrocerámicas presentan propiedades termomecánicas especialmente favorables. Especialmente el coeficiente de dilatación térmica puede ser ajustado con amplia variación, puede ser tanto negativo como nulo. Otra ventaja es la resistencia mecánica y la económica fabricación.

10 El material ópticamente activo contiene elementos de las tierras raras. Un material como éste contiene nanofósforos, como por ejemplo las uniones álcali -/alcalinotérricas dotadas con tierras raras así como los aluminatos, boratos y también silicatos, óxidos, sulfatos o fosfatos.

15 Mediante la introducción de elementos de las tierras raras en los nanocristales pueden generarse en los nanocristales niveles intermedios de energía que pueden ser aprovechados para la conversión de la energía de fotón de los fotones que caen. La ganancia cuántica para la conversión es especialmente alta en las nanopartículas propuestas de acuerdo con el invento porque los elementos de las tierras raras reciben una envolvente cristalina, y así se reducen claramente las recombinaciones de fotones a través de procesos no radiantes. Mediante la elección de un elemento de las tierras raras correspondiente se consigue en el material ópticamente activo una conversión up o una conversión down, es decir a partir de dos protones de energía más baja se genera un fotón de energía más alta o a partir de un fotón de energía más alta se genera como mínimo un fotón de energía más baja.

20 En otra forma constructiva preferida el material ópticamente activo presenta un colorante orgánico. Estos colorantes orgánicos están formados la mayor parte de las veces de ciclos aromáticos, como aproximadamente fluoresceína y rodamina.

25 El material ópticamente activo es elegido preferiblemente de tal manera que en el marco de la interacción los fotones emitidos presentan energías de fotón que caen en el campo de absorción de la zona de capa fotovoltaica de la celda solar. Por la elección adecuada del material ópticamente activo se puede notablemente aumentar la ganancia cuántica para la generación de pares electrón -hueco y con ello el rendimiento de toda la disposición de celda solar.

30 Típicamente las celdas solares están provistas con un cristal de cubierta o una capa de cubierta transparente a la luz solar no sólo por motivos de protección ante influencias exteriores. Como consecuencia de esto se ofrece el construir la capa interactiva a manera de esta capa de cubierta, mediante la cual la zona de capa fotovoltaica se apoya protegida contra influencias exteriores. Principalmente la disposición acorde con el invento de la capa interactiva en forma de una vitrocerámica que presenta una matriz cristalina con nanopartículas embebidas hace posible el construir la capa interactiva por ejemplo resistente contra influencias medioambientales, como por ejemplo humedad o productos químicos, o también suficientemente estable mecánicamente respecto a cargas mecánicas, como por ejemplo la fuerza del viento o el peso de la nieve.

35 Además es una ventaja el cubrir como mínimo parcialmente la zona de capa fotovoltaica, que junto con los electrodos forma la propia celda solar, por dos superficies laterales opuestas cada una con una capa interactiva construida acorde con el invento. Una de las dos capas interactivas contiene material ópticamente activo en el que se produce una conversión down. La otra de las como mínimo dos capas alternativas contiene material ópticamente activo en la que se produce una conversión up. Las capas interactivas pueden estar previstas entonces directa o indirectamente en cada una de las superficies laterales de la zona de capa fotovoltaica. De manera ventajosa se ofrece precisamente introducir entre las capas interactivas y la zona de capa fotovoltaica un tipo de capa de contacto que garantice que los fotones que se generan en la capa interactiva se acoplan en todo lo posible libres de pérdidas en la zona de capa fotovoltaica, y no quedan reflejadas en las correspondientes superficies de límite, por ejemplo, debido a relaciones de índice de refracción desfavorables.

40 Así, se supone que aquella capa interactiva en la que se produce la conversión down sirve como capaz de entrada de la luz y por ello está situada orientada hacia la entrada de la luz. Además es favorable que la otra capa interactiva en la que tiene lugar la conversión up situada a la espalda, es decir, opuesta a la zona de capa fotovoltaica, esté provista con una capa reflectora en la que los fotones que por ejemplo se generan en la capa de conversión up y que son emitidos en una zona angular espacial propiamente opuesta, y/o los fotones que caen, que sin interacción atraviesan todas las capas, quedan reflejados como mínimo parcialmente de manera que éstos fotones pueden pasar o pueden pasar de nuevo la zona de capa fotovoltaica. Con ello se puede aumentar notablemente los ratios de absorción y unido a ello el rendimiento en la generación de pares electrón -hueco. Esta capa reflector a puede ser colocada o directamente sobre la capa interactiva o también en otro lugar por ejemplo no galvánico.

55 Como ya se ha mencionado la interactividad entre los protones que caen y el material ópticamente activo se basa en procesos mono- o multi- fotones. Así es especialmente ventajoso si la capa de conversión down está construida de tal manera que en el curso de la conversión down un fotón de alta energía genera más de un fotón con una energía

adaptada a la zona de capa fotovoltaica. Esto lleva a otro aumento de la ganancia cuántica y con ello del rendimiento.

5 En otra forma constructiva preferida la capa interactiva es ópticamente transparente en un rango espectral de 350 nm hasta 1100 nm. Especialmente mediante la elección de la concentración de nanopartículas en la matriz cristalina se puede conseguir que la capa interactiva sea suficientemente transparente y a pesar de ello se puedan conseguir elevadas ganancias cuánticas.

10 La celda solar acorde con la solución se puede fabricar de manera especialmente ventajosa con un procedimiento que se destaca por los siguientes pasos de procedimiento: en un primer paso se prepara la como mínimo una capa interactiva en forma de una capa vitrocerámica que presenta una matriz de cristal en cuya matriz de cristal hay contenidas nanopartículas ópticamente activas, en las cuales se han introducido elementos de tierras raras. En un segundo paso esa como mínimo una capa interactiva es colocada como mínimo parcialmente directa o indirectamente sobre una superficie técnica de la zona de capa fotovoltaica. Alternativamente también existe la posibilidad de utilizar la como mínimo una capa interactiva como sustrato para aplicar la zona de capa fotovoltaica.

15 Mediante la disposición acorde con el invento de nanopartículas ópticamente activas sobre una estructura matricial, las propiedades tanto ópticas como mecánicas de la capa interactiva pueden ser ajustadas ampliamente independientemente unas de otras. Por lo tanto existen numerosas variantes del proceso que están basadas en las diferentes combinaciones de estructura matricial y nanocristales.

20 En una variante de proceso preferida se aplica una primera capa interactiva como mínimo parcialmente sobre una primera superficie técnica de la zona de capa fotovoltaica. Dependiendo de si la zona de capa fotovoltaica además de cómo una disposición de electrodos, llamados celda solar, existe también en forma de un producto semiacabado, se puede llevar a cabo una combinación de este tipo con la capa interactiva. En otro caso se puede utilizar la capa interactiva como sustrato sobre la que es posible fabricar la celda solar como tal.

25 A continuación se aplica una segunda capa interactiva como mínimo parcialmente sobre una segunda superficie técnica de la zona de capa fotovoltaica, que es opuesta a la primera superficie técnica. Las capas interactivas producen una conversión up y una conversión down de los fotones que llegan de tal manera que los fotones emitidos presentan un contenido energético óptimo para la zona de capa fotovoltaica. Especialmente preferida es una secuencia de capas en la dirección de llegada de los fotones, del siguiente tipo: primero la capa de conversión down, después la zona de capa fotovoltaica y a continuación la zona de capa de conversión up.

30 En otro procedimiento preferido, una superficie técnica de la primera o segunda capa interactiva es provista con una capa reflectora como mínimo parcialmente directa o indirectamente. Especialmente se trata aquí de una superficie técnica de una capa de conversión up, que está opuesta a la zona de capa fotovoltaica. Con esto puede conseguirse que los fotones que han atravesado la zona de capa fotovoltaica sin interactividad, se reflejen en ella. Esto lleva de nuevo a un aumento de la ganancia cuántica y con ello del rendimiento de toda la disposición de celda solar.

35 En un otro procedimiento preferido la como mínimo una capa interactiva es preparada en forma de una capa vitrocerámica en cuya matriz de cristal está contenido material ópticamente activo en forma de nanopartículas. Las vitrocerámicas presentan extraordinarias características mecánicas, especialmente termo mecánicas. Se puede nombrar especialmente el coeficiente de dilatación térmico de la capa vitrocerámica él cual mediante el adecuado dimensionamiento en amplios márgenes puede ser ajustado incluso a valores negativos. Esto ofrece la ventaja especial de que el coeficiente de dilatación de la vitrocerámica puede ser adaptado al de otros materiales con los cuales la vitrocerámica deberá ser unida. De esta manera se pueden evitar tensiones debidas a la temperatura en la unión de materiales, lo cual lleva a una reducción en la presencia de daños.

45 Además las vitrocerámicas pueden ser fabricadas económicamente y en grandes dimensiones, de manera que las vitrocerámicas en las que se producen conversiones down pueden ser utilizadas como cristal de cubiertas para celdas solares/módulos solares ya existentes como repuesto de los cristales de cubierta utilizados hasta ahora.

50 Especialmente ventajoso es preparar la como mínimo una capa interactiva en forma de una vitrocerámica de alta temperatura, de manera que la capa interactiva puede ser utilizada como material de sustrato sobre la cual pueden ser aplicadas o separadas capas semiconductoras que forman la zona de capa fotovoltaica, directamente en el marco de un proceso de fabricación de la zona de capa fotovoltaica. La ventaja especial consiste en la alta ganancia cuántica que se puede obtener, puesto que la zona de capa interactiva y la zona de capa fotovoltaica están acopladas ópticamente de manera óptima, es decir sin ranuras de aire en las cuales se reflejen los fotones desde la zona de capa interactiva.

55 Por lo demás es ventajoso entre la como mínimo una capa interactiva y la superficie técnica de la zona de capa fotovoltaica colocar una capa intermedia para un acoplamiento óptico mejor, es decir, una adaptación del índice de rotura de la capa interactiva y la celda solar. Capas intermedias que presentan un índice de rotura seleccionado de

esta manera, que integran mejor los fotones desde la capa interactiva en la zona de capa fotovoltaica, aumentan directamente la ganancia cuántica y con ello de nuevo el rendimiento de la disposición de celda solar.

5 En un procedimiento especialmente preferido se obtiene la como mínimo una capa interactiva por medio de la fabricación de una fundición de vidrio en la que se mezcla el material ópticamente activo en forma de nanopartículas cristalinas. Por ejemplo, como fundición de vidrio es adecuada una fundición de vidrio de gas fluorado a la cual se añaden iones de bario y cloro así como iones del grupo de las tierras raras. Mediante tratamiento térmico se forman en la fundición de vidrio nanopartículas cristalinas a las cuales se adhieren como mínimo una parte de los iones del grupo de las tierras raras o en los cuales se integran como mínimo una parte de los iones del grupo de las tierras raras. El tratamiento térmico será llevado a cabo en las proximidades de la temperatura de transición del vidrio no necesariamente en una atmósfera con gas protector.

10 Como nanopartículas son adecuados por ejemplo nanocristales dotados con iones de erbio que en el marco de una capa de conversión up convierten fotones de energía más baja en fotones de energía más alta. Para los fines de la conversión down son adecuados por ejemplo iones de europio que en el marco de procesos de un fotón convierten fotones de energía más alta en fotones de energía más baja. Si a la fundición de vidrio se le acompaña con una fundición de una mezcla de iones de europio y gadolinio entonces los fotones de energía más alta pueden ser transformados en fotones de energía más baja en el marco de un proceso llamado de dos fotones.

Corta descripción del invento

A continuación se describe el invento, sin limitación de las ideas generales del invento, sobre la base de ejemplos constructivos y haciendo referencia a los dibujos que se describen a modo de ejemplo. Se muestra:

20 Fig. 1 disposición fuertemente esquematizada de una celda solar acorde con el invento de acuerdo con el primer ejemplo constructivo, con una zona de capa fotovoltaica que está formada por capas dispuestas paralelas al cristal de cubierta.

25 Fig. 2 disposición fuertemente esquematizada de una celda solar acorde con el invento de acuerdo con el segundo ejemplo constructivo con una zona de capa fotovoltaica que está formada por capas dispuestas paralelas a la radiación entrante.

Caminos para la ejecución del invento, posibilidad de aplicación industrial.

30 La figura 1 muestra una zona de capa fotovoltaica (1) que hace contacto con dos disposiciones de electrodos situadas en las capas. Por ejemplo la zona de capa 1 fotovoltaica puede estar construida por una capa semiconductor dotada p y una capa semiconductor dotada n. En la superficie limitrofe entre las capas dotadas p y n, la transición pn, se forma una zona de carga espacial y se produce una diferencia de potencial sobre la zona de carga espacial que puede ser captada en los electrodos en forma de una tensión eléctrica.

35 Fotones $h\nu$ con una energía mínima E_{\min} pueden ser absorbidos en la zona de carga espacial, en donde un electrón de la banda de valencia es elevado a la banda conductora del semiconductor. De esta manera en la banda conductora se crea un electrón libremente móvil y en la banda de valencia un hueco libremente móvil. Por cada fotón absorbido se produce como consecuencia un par electrón -hueco. Debido a la diferencia de potencial que se forma en la transición pn éste es separado espacialmente. El hueco móvil libremente y el electrón móvil libremente se dirigen al uno o al otro electrodo 2 y generan un flujo de corriente eléctrica entre los electrodos 2.

40 En la disposición mostrada en la figura 1 las disposiciones de electrodos 2 deberían ser claramente transparentes para los fotones $h\nu$ entrantes, por ejemplo, estas podrían estar construidas mediante electrodos ITO transparentes o mediante electrodos especialmente estructurados que no cubran en toda su superficie a la zona de capa fotovoltaica, de manera que los fotones se puedan acoplar en la zona de capa fotovoltaica

45 Con los electrodos 2 limitan una primera capa interactiva 3 y una segunda capa interactiva 4. Preferentemente, la capa interactiva 3 se corresponde con una capa de conversión down en la que los fotones de alta energía entran en interactividad con la capa de conversión down de manera que se emiten uno o varios fotones de energía más baja. De manera ideal, la energía de los fotones emitidos está en la zona de absorción de la zona de capa fotovoltaica 1.

50 La capa interactiva 4 está diseñada como una capa de conversión up en la que los fotones $h\nu$, que tiene una energía baja, para ser absorbidos en la capa interactiva 3 o en la zona de capa 1 fotovoltaica, son transformados a fotones de energía más alta en el marco de un proceso de varios fotones. Esta transformación se lleva a cabo en varios pasos. En primer lugar, por absorción de un primer fotón de baja energía, un electrón es elevado a un primer nivel intermedio, desde donde directamente o después de una relajación en otro nivel intermedio, es elevado a un nivel de energía situado todavía más alto mediante la absorción de otro segundo fotón de baja energía. Desde allí el electrón cae a su estado básico y emite un fotón de alta energía que dispone de suficiente energía para generar un par electrón -hueco en la zona de capa 1 fotovoltaica. Puesto que la emisión de fotones se produce en todas las direcciones espaciales, es especialmente favorable si con la capa interactiva 4 limita una capa reflectora 5 que

refleja los fotones que son emitidos en una dirección espacial apartada de la zona de capa 1 fotovoltaica, de manera que esos también pueden atravesar la zona de capa 1 fotovoltaica. Ventajosamente, una capa de reflexión 5 como esta se comporta también para fotones que poseen energía de fotón suficiente pero sin embargo no han sido absorbidos por el único paso a través de la capa fotovoltaica. Mediante la capa de reflexión 5 estos fotones son reflectados nuevamente en dirección de la capa fotovoltaica 1.

La disposición de celda solar acorde con el invento proporciona un claro aumento en la ganancia cuántica o en el rendimiento de una celda solar. La capa interactiva 3 se compone de una vitrocerámica ópticamente activa que se aplica como cristal de cubierta a celdas solares / módulos solares preexistentes en lugar del cristal float o del cristal de seguridad de una lámina.

La figura 2 muestra otro ejemplo constructivo para una celda solar acorde con el invento. En oposición al anterior ejemplo constructivo la capa de zona 1 fotovoltaica presenta una disposición capa paralela a la dirección de llegada de fotones. Los electrodos 2 están diseñados y dispuestos igualmente en dirección paralela a la de llegada de fotones. Esto tiene la ventaja de que no hay que plantear ninguna exigencia a los electrodos 2 respecto a transparencia. La combinación de una celda solar de este tipo con las capas interactivas acordes con el invento se produce de manera análoga al ejemplo constructivo 1. Para las explicaciones de los símbolos de referencia aquí utilizados se hace referencia a lo expuesto anteriormente.

Lista de símbolos de referencia

- 1 zona de capa fotovoltaica
- 2 electrodos
- 20 3,4 capas interactivas
- 5 capa reflectora
- hv fotones entrantes

REIVINDICACIONES

1. Celda solar con como mínimo una zona de capa (1) fotovoltaica que absorbe por lo menos parcialmente los fotones que llegan a ella cuya energía de fotón está por encima de una energía mínima de fotón E_{min} , y libera portadores de carga eléctrica en forma de pares electrón – hueco que pueden ser separados espacialmente en el interior de la zona de capa (1) fotovoltaica y pueden ser captados por como mínimo dos electrodos (2) unidos eléctricamente con la zona de capa (1) fotovoltaica creando una tensión eléctrica, así como con por lo menos una capa interactiva (3, y/o 4) que recubre por lo menos parcialmente la zona de capa (1) fotovoltaica, capa interactiva en la que al menos una parte de los fotones (6) entrantes sufre una interacción con emisión de fotones de energía más alta o más baja que la de los fotones entrantes, caracterizada porque la como mínimo una capa interactiva (3, y/o 4) está diseñada en forma de una vitrocerámica, en donde la vitrocerámica presenta una matriz de cristal en la que están previstas zonas localmente limitadas con material ópticamente activo que posee la estructura y tamaño de nanopartículas cristalinas, con las cuales los fotones (6) entrantes entran en interactividad, y porque el material ópticamente activo presenta elementos de las tierras raras.
2. Celda solar según la reivindicación 1, caracterizada porque el material ópticamente activo presenta nanofosforos.
3. Celda solar según la reivindicación 1 o 2, caracterizada porque la zona de capa (1) fotovoltaica presenta una zona de absorción dependiente de la energía de los fotones, y porque el material ópticamente activo esta elegido de tal manera que los fotones emitidos en el marco de la interacción presentan energías de fotones que caen en la zona de absorción de la zona de capa (1) fotovoltaica.
4. Celda solar según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizada porque la zona de capa (1) fotovoltaica prevé dos superficies laterales opuestas entre sí a las cuales está unida directa o indirectamente una capa interactiva (3,4) que recubre por lo menos parcialmente a la correspondiente superficie lateral, porque una de las como mínimo dos superficies interactivas (3) contiene material ópticamente activo mediante el cual, en el curso de la interacción, se pueden emitir fotones con energía más baja que la energía de fotones de los fotones (6) entrantes, y porque la otra de las como mínimo dos capas alternativas (4) contiene material ópticamente activo mediante el cual en el curso de la interacción se pueden emitir fotones de energía más alta que la energía de fotones de los fotones (6) que entran.
5. Celda solar (1) según la reivindicación 4, caracterizada porque la otra capa interactiva (4) está recubierta con una capa o es vecina de una capa reflectora (5) no unida galvánicamente que refleja, por lo menos parcialmente, los fotones de energía más alta y/o los fotones (6) que entran.
6. Procedimiento para la fabricación de una celda solar acorde con las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado porque la como mínimo una capa interactiva (3) ha sido preparada en forma de una capa vitrocerámica que presenta una matriz de cristal, y en esa matriz de cristal están contenidos nanocristales ópticamente activos, en los que se han insertado elementos de las tierras raras, y porque la como mínimo una capa interactiva (3 y/o 4) es aplicada como mínimo parcialmente directa o indirectamente sobre una superficie técnica de la zona de capa (1) fotovoltaica o porque la como mínimo una capa interactiva (3 y/o 4) sirve como sustrato para la aplicación de la zona de capa (1) fotovoltaica.
7. Procedimiento según la reivindicación 6, caracterizado porque se prepara una primera capa interactiva, porque la primera capa interactiva es aplicada como mínimo parcialmente directa o indirectamente sobre una superficie técnica de la zona de capa fotovoltaica o porque la primera capa interactiva (3 y/o 4) sirve como sustrato para la aplicación de la zona de capa (1) fotovoltaica y porque una segunda capa interactiva está aplicada como mínimo parcialmente directa o indirectamente sobre una segunda superficie técnica de la capa (1) fotovoltaica.
8. Procedimiento según la reivindicación 6 o 7, caracterizado porque la como mínimo una capa interactiva (3 y/o 4) está preparada en forma de una vitrocerámica de alta temperatura, porque la capa interactiva sirve como material de sustrato sobre la que se aplican o separan directamente, en el marco de un proceso de fabricación de la zona de capa (1) fotovoltaica, las capas semiconductoras que forman la zona de capa fotovoltaica (1).
9. Procedimiento según una de las reivindicaciones 6 a 8, caracterizado porque la como mínimo una capa interactiva (3 y/o 4) se obtiene mediante la fabricación de una fundición de vidrio, en la que se mezcla el material ópticamente activo en forma de nanopartículas cristalinas.
10. Procedimientos según la reivindicación 9, caracterizado porque la fundición de vidrio es una fundición de vidrio fluorado a la que se añaden iones de bario y cloro así como iones del grupo de las tierras raras, y porque mediante tratamiento térmico en la fundición de vidrio se forman nanopartículas cristalinas a las que

se adhieren como mínimo una parte de los iones del grupo de las tierras raras o en las que se introducen como mínimo una parte de los iones del grupo de las tierras raras.

11. Procedimiento según la reivindicación 10, caracterizado porque a una capa interactiva en la que fotones de energía más baja se transforman en fotones de energía más alta, se le añaden iones de erbio.
- 5 12. Procedimiento según la reivindicación 10, caracterizado porque a una capa interactiva en la que fotones de energía más alta se transforman en fotones de energía más baja en el marco de un proceso de un fotón, se le añaden iones de europio.
- 10 13. Procedimiento según la reivindicación 10, caracterizado porque a una capa interactiva en la que fotones de energía más alta se transforman en fotones de energía más baja en el marco de un proceso de dos fotones, se le añaden iones de europio y gadolinio.

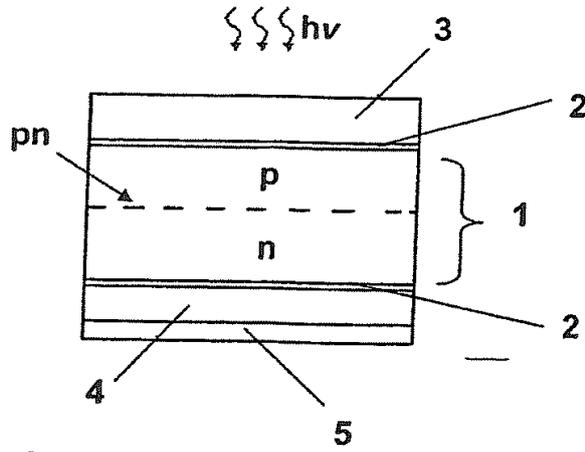


Fig. 1

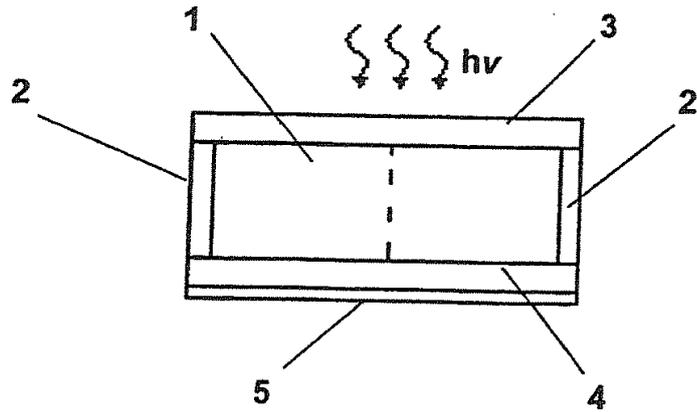


Fig. 2