(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 441 066**

(51) Int. Cl.:

***H01L 31/055*** (2006.01)
***H01L 31/058*** (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.01.2010** **E 10701139 (7)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.09.2013** **EP 2389691**

(54) Título: **Convertidor fotovoltaico con vida útil aumentada**

(30) Prioridad:

**26.01.2009 FR 0950452**

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
**31.01.2014**

(73) Titular/es:

**COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES (100.0%)**
**Bâtiment "Le Ponant D" 25, rue Leblanc**
**75015 Paris , FR**

(72) Inventor/es:

**GRUSS, JEAN-ANTOINE;**
**JAUSSAUD, CLAUDE y**
**PONCELET, OLIVIER**

(74) Agente/Representante:

**PÉREZ BARQUÍN, Eliana**

**ES 2 441 066 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

Convertidor fotovoltaico con vida útil aumentada

### Campo técnico y técnica anterior

La presente invención se refiere a un dispositivo de conversión fotovoltaica con vida útil aumentada.

En un dispositivo de conversión fotovoltaica se pueden utilizar diferentes tipos de células fotovoltaicas.

Algunas células están fabricadas a partir de silicio monocristalino, silicio policristalino o silicio amorfo, y las células pueden ser macizas o estar formadas a partir de capas delgadas.

Otras células se fabrican en forma de película delgada por depósito de tipo CIS (cobre indio selenio) o CdTe (telururo de cadmio) sobre vidrio o metal.

Existen incluso otras células de tipo orgánico depositadas sobre vidrio o sobre una película flexible.

Se conoce desventajas relacionadas con la fabricación y el uso de tales células.

En el caso de las células a base de silicio, su coste es relativamente alto debido tanto al coste del silicio como de su procedimiento de fabricación. Es posible reducir la cantidad de silicio necesaria para la fabricación de una célula mediante el uso de un concentrador, pero el coste de este también es elevado. Asimismo, en general se aplican materiales poliméricos en la estructura de los módulos fotovoltaicos a base de silicio, pero estos son sensibles a la radiación ultravioleta y la humedad, lo que se traduce en una reducción de la vida útil de dichos dispositivos.

El problema de la vida útil también aparece en el caso de las células orgánicas, como consecuencia de las radiaciones ultravioleta y de la humedad.

Por otro lado, la radiación electromagnética a la que se ven sometidas las células, y más en general el dispositivo fotovoltaico, también emite en el infrarrojo. Sin embargo, generalmente las células no son capaces de convertir los fotones emitidos en el infrarrojo. Por consiguiente, esta radiación únicamente tiene como resultado un calentamiento del dispositivo. Este calentamiento provoca una reducción del rendimiento de conversión y puede dañar las células y reducir la vida útil de las mismas.

Además, los dispositivos de conversión fotovoltaica actuales solamente producen electricidad cuando las células de los mismos reciben una radiación. Esto significa que durante los períodos de baja insolación, típicamente durante la noche, no se produce generación de electricidad. Este hecho es particularmente problemático en el caso de los sistemas dispuestos en sitios aislados y alimentados por un dispositivo fotovoltaico. Así pues, en estos casos será preciso disponer de medios para almacenar parte de la electricidad generada en el período de insolación, tales como acumuladores de plomo. Sin embargo, este tipo de acumulador presenta un alto coste de adquisición y mantenimiento. Además, estos acumuladores entrañan problemas de toxicidad.

Se conocen igualmente dispositivos de conversión fotovoltaica capaces de valorizar el calentamiento causado por la radiación infrarroja, por ejemplo, los descritos en el documento US 4135537. Tales dispositivos comprenden una caja provista de una cara transparente a los rayos luminosos y captadores fotovoltaicos para convertir las radiaciones luminosas en electricidad. La caja se encuentra acoplada a un circuito provisto de un intercambiador de calor y se incluye un fluido cargado de partículas luminiscentes que circula por la caja y por el intercambiador de calor para recoger el calor captado por el fluido al pasar a través de la caja.

Este dispositivo está diseñado para refrigerar las células mediante la circulación del fluido. Sin embargo, las células se calientan en todo momento por acción de la radiación infrarroja.

Por otro lado, sigue existiendo el problema de la generación de electricidad en los períodos de baja insolación. Además, las células del documento US 4135537 se encuentran directamente sometidas a la radiación ultravioleta.

Por consiguiente, uno de los objetos de la presente invención consiste en dar a conocer un dispositivo fotovoltaico con una vida útil aumentada.

### Exposición de la invención

El objeto expuesto anteriormente se consigue mediante un dispositivo de conversión fotovoltaica que comprende una primera zona en la que se capta la radiación luminosa y una segunda zona provista de células fotovoltaicas destinada a convertir la radiación luminosa en electricidad, efectuándose la transferencia desde la zona de captación hasta la zona de conversión por medio de partículas fotoluminiscentes.

De forma ventajosa, gracias al uso de partículas fotoluminiscentes fosforescentes, la reemisión de los fotones se realiza con cierto retraso, con el resultado de que se difiere la conversión en energía eléctrica. Por consiguiente, se puede contemplar la generación de electricidad con posterioridad a un período de insolación.

En consecuencia, las células fotovoltaicas dejan de encontrarse sometidas directamente a la radiación luminosa. Como resultado, las células ya no se calientan directamente como consecuencia de la radiación infrarroja. Además, las células solares dejan de encontrarse sometidas a la radiación ultravioleta, dado que los fotones reemitidos por las partículas fotoluminiscentes se encuentran en el espectro visible. Todo esto redunda en un aumento de la vida útil de las células.

De igual forma, es posible diseñar medios para recuperar el calor transportado por el fluido que contiene las partículas fotoluminiscentes.

El objeto de la presente invención es un dispositivo de conversión fotovoltaica que comprende una zona de captación de los fotones aportados por la radiación luminosa y una zona de conversión de los citados fotones en energía eléctrica, estando formadas la zona de captación y la zona de conversión por recintos independientes, con un fluido cargado de partículas fotoluminiscentes que está destinado a circular entre la zona de captación y la zona de conversión, en el que las citadas partículas absorben los fotones y son transportadas hasta la zona de conversión en la que tiene lugar una reemisión de los fotones por las partículas.

De manera particularmente ventajosa, las partículas fotoluminiscentes son partículas fosforescentes. Estas son, por ejemplo, sulfuros o seleniuros o fosforescentes de tipo óxido, y más en particular, sulfuros de zinc o aluminatos de alcalinotérreos dopados.

Por lo que respecta al fluido, este puede ser un alcano o un perfluoroalcano.

Se selecciona, por ejemplo, una concentración en masa de las partículas fotoluminiscentes comprendida entre el 0,1 % y el 30 %.

El fluido también puede comprender ventajosamente nanopartículas que permiten la aparición de un fenómeno de «corte cuántico» (*quantum cutting*) y/o favorecen la conversión de la longitud de onda de los fotones reemitidos desde el espectro ultravioleta hasta el visible.

Más particularmente, el recinto de la zona de captación puede comprender al menos una cara transparente a la radiación luminosa y el recinto de la zona de conversión fotovoltaica puede presentar al menos una parte de las caras interiores de sus estructuras internas recubierta con células fotovoltaicas, presentando cada recinto un orificio de alimentación y un orificio de evacuación del fluido, estando conectado el orificio de evacuación de un recinto al orificio de alimentación del otro recinto.

De manera ventajosa, el dispositivo de conversión fotovoltaica de acuerdo con la invención puede comprender un intercambiador de calor, lo que permite al mismo tiempo aumentar el rendimiento de conversión fotovoltaica gracias a la refrigeración del fluido antes de su entrada en el convertidor y recuperar la energía térmica.

En una forma de realización, la zona de conversión comprende al menos una placa de silicio en la que se encuentran grabados canales de circulación del fluido, y los materiales de la placa y de la superficie de los canales forman uniones p-n o n-p. En un ejemplo de realización, los canales se encuentran, por ejemplo, contenidos dentro del plano de la placa. En otro ejemplo de realización, los canales son transversales y ortogonales al plano de la placa de manera que forman una membrana perforada. Así, por estructuras internas se entiende, por ejemplo, un conjunto de placas.

El dispositivo de conversión fotovoltaica de acuerdo con la invención puede comprender un apilamiento de al menos dos placas. Las placas del apilamiento pueden estar alimentadas con el fluido en paralelo.

También se puede concebir la disposición de un intercambiador de calor interpuesto entre cada par de placas del apilamiento.

En otra forma de realización, la zona de conversión comprende células fotovoltaicas fabricadas con una película delgada de polímeros orgánicos o CIS, CIGS o CdTe depositado sobre metal o vidrio.

En un ejemplo de realización, el dispositivo comprende canales delimitados por las películas delgadas.

En otro ejemplo de realización, la película delgada se encuentra enrollada sobre sí misma delimitando un canal en forma de espiral.

El dispositivo comprende de forma ventajosa separadores entre los diferentes arrollamientos de la película de manera que dos arrollamientos de la película se mantengan separados a fin de formar el canal, encontrándose los

separadores unidos entre los arrollamientos o formados sobre la película por estampación o resalte de los mismos.

En una variante de realización, el dispositivo de conversión fotovoltaica de acuerdo con la invención comprende dos canales arrollados uno alrededor del otro obtenidos por plegado de la película delgada sobre sí misma y por arrollamiento de esta película plegada, estando destinado uno de los canales a la circulación del fluido cargado de partículas fotoluminiscentes y estando destinado el otro canal a la circulación del fluido de transmisión de calor.

La circulación del fluido se lleva a cabo, por ejemplo, por un efecto de termosifón o por medio de una bomba eléctrica directamente alimentada por la electricidad generada por las células fotovoltaicas.

Se puede concebir la disposición del intercambiador de calor entre la zona de captación y la zona de conversión, aguas arriba de la zona de conversión.

La presente invención también tiene por objeto un procedimiento de fabricación de un dispositivo fotovoltaico de acuerdo con la presente invención, que comprende las siguientes etapas de fabricación de la zona de conversión:

- grabado de los canales en un sustrato de silicio dopado p o n,

- realización de un dopaje de tipo p o n de la cara interior de los canales, formando de este modo zonas emisoras de tipo n o p y zonas colectoras de tipo p o n,

- depósito de electrodos sobre las zonas emisoras y colectoras,

- recocido de la citada estructura así formada.

Asimismo, el procedimiento puede comprender la etapa de depositar un material antirreflectante antes de la etapa de depósito de los electrodos.

También puede comprender la etapa de ensamblaje de varias placas apiladas mediante unión por adhesivo o soldadura.

La presente invención también tiene por objeto un procedimiento de fabricación de un dispositivo fotovoltaico de acuerdo con la presente invención, que comprende las etapas de:

- fabricación de una película de polímero orgánico de CIS, CIGS y CdTe depositado sobre metal o vidrio, por ejemplo mediante un procedimiento continuo de tipo «rodillo a rodillo» (*roll to roll*),

- arrollamiento de la película sobre sí misma dejando un espacio de separación entre las diferentes capas del arrollamiento.

De manera ventajosa, este procedimiento comprende la etapa de estructuración de la película formando separadores o la colocación de elementos separadores sobre la película antes de arrollar la película para formar un relieve que permita garantizar la presencia de un espacio de separación entre los diferentes arrollamientos.

En una forma de realización alternativa, el procedimiento de fabricación de un dispositivo de conversión fotovoltaica de acuerdo con la invención comprende la etapa de plegado en dos de la película sobre sí misma antes de arrollarla para dar lugar a dos canales enrollados uno alrededor del otro.

**Breve descripción de los dibujos**

La presente invención se comprenderá mejor sobre la base de la descripción que viene a continuación y de los dibujos adjuntos, en los cuales:

- la figura 1 es una representación esquemática de un sistema de conversión fotovoltaica de acuerdo con la presente invención,

- la figura 2 es una vista de detalle de un ejemplo de realización de un convertidor fotovoltaico a base de silicio que se puede aplicar en el sistema de la figura 1, en el que el convertidor está provisto de canales,

- la figura 3 es una vista lateral del convertidor de la figura 2 formado por varias capas,

- la figura 4 es una vista de detalle de otro ejemplo de realización de un convertidor fotovoltaico a base de silicio que se puede aplicar en el sistema de la figura 1, en el que el convertidor que presenta la forma de una membrana,

- la figura 5 es una vista de detalle de una variante del convertidor de la figura 4,

- la figura 6A es una vista desde arriba de una variante del convertidor de la figura 4,

- la figura 6B es una vista lateral de un convertidor que comprende una pluralidad de membranas apiladas de acuerdo con la figura 4,

- la figura 7 es una vista desde arriba de otro ejemplo de realización de un convertidor fotovoltaico a base de películas delgadas que se puede aplicar en el sistema de la figura 1,

- las figuras 8A y 8B son vistas de una variante del convertidor de la figura 7,

- la figura 9 es una vista en perspectiva de otro ejemplo de realización de un convertidor a base de una película delgada que se puede aplicar en el sistema de la figura 1,

- la figura 10 es una vista lateral de una variante del convertidor de la figura 9.

**Exposición detallada de formas de realización particulares**

En la figura 1 se puede ver una representación esquemática de un sistema de conversión fotovoltaica de acuerdo con la presente invención que comprende un captador de radiación luminosa 2, un convertidor fotovoltaico 4 independiente del captador 2 y un circuito estanco 6 para la circulación de un fluido entre el captador 2 y el convertidor 4.

A lo largo de la descripción, la circulación del fluido está simbolizada por las flechas F.

El captador de radiación luminosa 2 comprende un recinto 8 que delimita un espacio destinado a contener un fluido, un orificio de entrada de alimentación 10 del fluido y un orificio de evacuación 12 del fluido para permitir la circulación del fluido a través del espacio interior. Al menos una pared 14 del recinto 8 es transparente a la radiación luminosa R, lo que permite que al fluido que circula por el recinto quede expuesto a la radiación luminosa. En el ejemplo representado, la radiación luminosa proviene del sol, si bien se pueden contemplar otras fuentes.

El convertidor fotovoltaico también comprende un recinto 16 que delimita un espacio por el que circula el fluido procedente del captador de radiación luminosa 2. Este recinto 16 comprende, de una manera similar al recinto 8 del captador de radiación luminosa 2, un orificio de alimentación 18 del fluido y un orificio de evacuación 20 del fluido.

El recinto 16 comprende sobre las caras interiores de sus paredes, que denominaremos estructuras internas, células fotovoltaicas (no mostradas) destinadas a captar los fotones reemitidos en todas las direcciones del espacio, como se verá en la siguiente descripción. No es necesario que el recinto 16 comprenda una pared exterior transparente, por lo que la totalidad de sus paredes pueden estar cubiertas con células fotovoltaicas, hecho que permite aumentar la velocidad de recogida de los fotones reemitidos, como se verá más adelante.

El orificio de evacuación 8 del recinto del captador de radiación luminosa 2 se encuentra conectado al orificio de alimentación 16 del recinto del convertidor fotovoltaico 4, mientras que el orificio de evacuación 18 del recinto del convertidor fotovoltaico se encuentra conectado al orificio de alimentación 12 del captador de radiación luminosa 2.

Los dos recintos pueden estar dispuestos lado a lado o alejados el uno del otro, caso en el cual se incluyen tubos.

El fluido está cargado de partículas fotoluminiscentes en suspensión. El fluido puede ser un gas o un líquido. El fluido portador se selecciona de forma que no sea un conductor eléctrico con el fin de evitar la creación de cortocircuitos en los electrodos. Puede ser, por ejemplo, un alcano estable o un perfluoroalcano.

Los materiales fotoluminiscentes presentan la propiedad de absorber los fotones en un amplio espectro de radiación electromagnética, dado que absorben tanto en el espectro visible como en el espectro ultravioleta, y reemitir los fotones absorbidos en el espectro visible. Además, estos materiales reemiten en todas las direcciones. Como se ha descrito anteriormente, ya que el recinto 16 puede comprender células fotovoltaicas sobre todas las caras interiores de sus estructuras internas, es posible recoger eficazmente los fotones reemitidos en las tres direcciones.

El fluido circula en el sistema entre el captador solar 2 y el convertidor fotovoltaico 4, por ejemplo por medio de una bomba o por un efecto de termosifón.

En el ejemplo mostrado, el sistema comprende también un intercambiador de calor 22 montado en el circuito 8 entre el captador de radiación luminosa 2 y el convertidor fotovoltaico, aguas arriba del convertidor en la dirección de circulación del fluido. Este intercambiador 22 está diseñado para retirar el calor transportado por el fluido. En este ejemplo ventajoso, además se lleva a cabo una recuperación de calor. Por consiguiente, la eficiencia energética del sistema de acuerdo con la invención aumenta aún más. Esta disposición también permite refrigerar el fluido antes de su entrada en el convertidor, por lo que los efectos del calor sobre su rendimiento y su vida útil son limitados.

Este intercambiador de calor puede ser de tipo serpentín con circulación en el interior un tanque de agua caliente y permite producir agua caliente para una vivienda. También podría contemplarse la disposición de este intercambiador 22 entre el convertidor fotovoltaico y el captador de radiación luminosa 2.

A continuación se explicará el funcionamiento del sistema de conversión fotovoltaica de acuerdo con la presente invención.

El sistema está lleno de un fluido cargado de partículas fotoluminiscentes, es decir, el recinto 8 del captador de radiación luminosa 2, el recinto 16 del convertidor y los conductos que conectan el captador fotovoltaico 2 y el convertidor 4. El volumen de fluido presente en el captador 2 se expone a la radiación luminosa. Los fotones cuya la longitud de onda se encuentre en los espectros visible y ultravioleta son absorbidos por las partículas fotoluminiscentes en un instante t. Asimismo, el volumen de fluido se calienta por acción de la radiación infrarroja.

El volumen de fluido circula por el circuito y llega al convertidor fotovoltaico 4. Las partículas fotoluminiscentes reemiten en un instante t + x los fotones en el espectro visible, siendo captados estos fotones por las células fotovoltaicas ubicadas en las estructuras internas del recinto 16. Como se ha explicado anteriormente, los fotones se reemiten en todas las direcciones del espacio, y la presencia de células sobre todas las caras interiores de las estructuras internas del recinto 16 permite optimizar la recogida de los fotones. Esos fotones se convierten entonces en electricidad. El fluido también se puede hacer circular de forma permanente, independientemente del tiempo transcurrido entre la captación de los fotones y su reemisión.

Cabe señalar que dado que el fluido se desplaza a través del dispositivo de forma continua, la captación de los fotones por las partículas fosforescentes tiene lugar de forma continua, así como su reemisión. De esta forma, se consigue una generación de corriente continua.

Gracias a la invención, el convertidor 4 no se encuentra expuesto directamente a la radiación luminosa y, por otra parte, los fotones se reemiten en el espectro visible. En consecuencia, el convertidor y más en particular los módulos fotovoltaicos no se encuentran expuestos a la radiación ultravioleta. Por consiguiente, se aumenta la vida útil de los polímeros utilizados para la fabricación del convertidor en relación con los convertidores del tipo conocido. En el caso de las células fotovoltaicas de polímero orgánico, se aumenta igualmente la vida útil de las mismas, ya que también son muy sensibles a la radiación ultravioleta.

Además, puesto que el convertidor fotovoltaico 4 no se encuentra expuesto directamente a la radiación luminosa, no se encuentra expuesto a la radiación infrarroja. De este modo, se limita el calentamiento de las células y únicamente es debido al calentamiento del propio fluido durante su exposición a la radiación luminosa. Así pues, no se penaliza el rendimiento de las células. Además, al disponer un intercambiador de calor aguas arriba del convertidor 4, la temperatura del fluido se reduce aún más antes de su entrada en el convertidor 4.

De manera particularmente ventajosa, se contempla el uso de partículas fosforescentes como las partículas fotoluminiscentes.

La fosforescencia es un tipo particular de fotoluminiscencia en la cual el fenómeno de reemisión se difiere temporalmente. Los fotones absorbidos pasan por estados de energía intermedia, generalmente estados triplete (prohibidos). El regreso inevitable de los fotones atrapados desde estos estados prohibidos hasta un nivel de baja energía está cinéticamente desfavorecido, lo que se traduce en el retraso de la emisión luminosa. Así, la reemisión de la energía absorbida por la mayoría de los materiales fosforescentes es del orden de un milisegundo. Es posible observar estados triplete cuya duración es de varias horas, lo que implica una reemisión de los fotones varias horas después de la absorción de los mismos.

Esta reemisión «diferida» presenta la ventaja de permitir la generación de electricidad en ausencia de radiación luminosa. En efecto, los fotones «capturados» por las partículas fosforescentes durante un período de insolación, por lo general durante el día, son reemitidos durante la noche en el convertidor, que genera entonces electricidad, en particular en el caso de una reemisión «diferida» varias horas.

El convertidor puede funcionar de forma permanente, utilizando la fuerte luminiscencia residual de los materiales fosforescentes, lo que permite la reemisión de los fotones hasta 12 horas después su exposición. En consecuencia, esto permite, en aquellos casos en los que sea necesario disponer de una fuente de alimentación eléctrica sustancialmente constante las 24 horas del día, reducir la capacidad de las baterías de almacenamiento o incluso eliminarlas.

Puede contemplarse la posibilidad de hacer circular el fluido de forma permanente por el circuito. Cuando se utiliza una bomba eléctrica, la energía eléctrica necesaria para accionar esta bomba puede ser directamente la generada por el sistema de conversión de acuerdo con la presente invención.

De manera igualmente ventajosa, se puede contemplar la adición al fluido de nanopartículas que permitan la aparición del fenómeno de «corte cuántico» (*quantum cutting*) con el fin de aumentar el rendimiento de las células.

El «corte cuántico» es un mecanismo que permite, a partir de un fotón emitido en el espectro ultravioleta, dar lugar a dos fotones que emiten en el espectro visible o en un espectro cercano al infrarrojo. De este modo, el rendimiento teórico de una célula puede pasar del 30 % al 40 %.

Las partículas fosforescentes convierten fotones de alta energía (UV) en fotones de baja energía (visible) difiriendo esta reemisión en el tiempo.

En el caso de las partículas fosforescentes, la vida útil de tales estados triplete puede exceder de varias horas. Dado que estos fenómenos son «lentos», solo se produce un ligero *quenching* (es decir, extinción de la luminiscencia), de modo que el dominio de excitación es más «eficaz».

A modo de ejemplo, se pueden seleccionar como materiales fosforescentes sulfuros o seleniuros tales como el sulfuro de cadmio o los sulfoseleniuros o los sulfuros, los sulfoseleniuros y los oxisulfuros de alcalinotérreos.

Asimismo, se pueden seleccionar las partículas entre la familia de los fosforescentes de tipo óxido, tales como los aluminatos, los galatos, los silicatos y los germanatos, los halofosfatos y los fosfatos, los arseniatos, los vanadatos, los niobiatos, los tantalatos, los sulfatos, los tungstatos, los molibdatos, así como los fosforescentes de tipo halogenuros metálicos.

Estos materiales presentan la ventaja de absorber tanto en el espectro infrarrojo como en el ultravioleta y reemitir en el espectro visible, en el rojo o en el verde.

De manera particularmente ventajosa, se pueden seleccionar los sulfuros de zinc y los aluminatos de alcalinotérreos (Sr) dopados con tierras raras. Estos últimos permite controlar el dominio de emisión de los fotones fluorescentes, lo que permite adaptar la emisión de los fotones en función de la banda de emisión en la que el convertidor resulte más eficaz.

También se pueden utilizar materiales fosforescentes inorgánicos, que presentan de manera ventajosa unos rendimientos cuánticos más elevados y son poco sensibles al calor.

El tamaño de partícula se encuentra comprendido de manera ventajosa entre 0,1 μm y 1 μm, con una concentración comprendida, por ejemplo, entre el 0,1 % y el 30 % en masa.

A continuación se explicarán diferentes ejemplos de formas de realización de convertidores fotovoltaicos que pueden ser utilizados en el sistema de conversión fotovoltaica de acuerdo con la presente invención.

En las figuras 2 y 3 puede verse un ejemplo de realización de un convertidor fotovoltaico 104 que permite una recogida optimizada de los fotones emitidos en las tres dimensiones.

Este convertidor comprende canales 106 grabados en un sustrato 108 de silicio en forma de placa, encontrándose los canales contenidos en el plano de la placa. El fluido está destinado a fluir por los canales, un primer extremo longitudinal de los cuales se encuentra conectado al orificio de alimentación del recinto del convertidor y un segundo extremo de los cuales se encuentra conectado al orificio de evacuación del recinto del convertidor. Por consiguiente, el fluido está destinado a fluir en el plano de la placa.

En el ejemplo representado, el sustrato 108 en el que se encuentran grabados los canales 106 está dopado n, y seguidamente se realiza un depósito de silicio dopado p 110 sobre el sustrato 108, cubriendo el silicio dopado p el interior de los canales. De esta forma se crean uniones p-n, las cuales serán bombardeadas por los fotones reemitidos por las partículas transportadas por el fluido que fluye por los canales, generando electricidad de una manera conocida por los expertos en la materia.

Un primer electrodo 112 se encuentra depositado sobre una cara posterior de la placa en contacto con el sustrato dopado n, y un segundo electrodo 114 se encuentra depositado sobre una cara frontal de la placa en contacto con la capa de silicio dopado p, estando formada esta cara, en particular, por la parte superior de los canales.

En la figura 3 se muestra un convertidor fotovoltaico 116 formado por un apilamiento de convertidores 104 de base similares a la placa representada en la figura 2. Este convertidor presenta la ventaja de ofrecer una superficie de captación muy extensa para los fotones reemitidos por el fluido.

En el ejemplo representado, las placas se encuentran conectadas eléctricamente en serie. De manera ventajosa, estas conexiones se consiguen simplemente poniendo en contacto directo un electrodo positivo de una placa con un electrodo negativo de la siguiente placa. A continuación se realiza la conexión con el dispositivo del usuario o con el dispositivo de almacenamiento, simplemente a través de los electrodos extremos del dispositivo. Por consiguiente, el número de conexiones se reduce drásticamente. Por supuesto, es posible realizar una conexión en paralelo de las placas del convertidor.

En este ejemplo de realización, las diferentes placas del convertidor podrían ser alimentadas al mismo tiempo por el fluido procedente del captador de radiación, o el líquido podría hacerse circular en serie de una placa a otra placa gracias a distribuidores de fluido integrados en las placas con el fin de recoger la máxima cantidad de fotones.

La alimentación y la evacuación del fluido se llevan a cabo, por ejemplo, a través de dos toberas verticales, ortogonales al plano de las placas.

En el ejemplo representado, los canales de las diferentes placas son ortogonales entre sí. Sin embargo, se puede contemplar la disposición de los canales cruzándose entre sí, de forma que los canales de una placa sean ortogonales a los canales de las placas superiores e inferiores, lográndose así una alimentación cruzada de las placas.

Asimismo, es posible integrar el intercambiador de calor directamente en el convertidor, encontrándose este último dispuesto entre cada par de placas, con lo que se retiraría el calor al mismo tiempo que las células fotovoltaicas convierten los fotones reemitidos.

A continuación se explicará un procedimiento para la fabricación de un convertidor del tipo representado en las figuras 2 y 3.

El procedimiento comprende las etapas siguientes:

- Se lleva a cabo el grabado de los canales 106 en un sustrato de silicio 108 dopado p (o n) utilizando una técnica conocida, tal como aserrado mecánico, grabado en seco o en húmedo, como por ejemplo grabado con KOH, TMAH, RIE, grabado por láser, grabado electroquímico o cualquier otro procedimiento de grabado conocido por los expertos en la materia.

- A continuación, se realiza un dopaje n (o p) de los canales 106 y, de este modo, se forman las uniones p-n sobre la parte superior del sustrato 108. En una variante de realización, el emisor podría prepararse mediante el depósito de silicio amorfo dopado.

- A continuación, se realiza un depósito de una capa de material antirreflectante, tal como nitruro de silicio, o TCO (óxido conductor transparente) en el caso de las células de película delgada.

- Seguidamente, se lleva a cabo el depósito de los electrodos metálicos 112, 114. El electrodo 112 sobre el emisor de tipo n es, por ejemplo, de plata, y el electrodo 114 sobre el colector de tipo p es, por ejemplo, de aluminio.

- Podría contemplarse la opción de no depositar electrodos sobre la parte superior de los canales y limitar el depósito a las zonas no provistas de canales. En este caso, se disponen periódicamente zonas no provistas de canales con el fin de recoger eficazmente la corriente, de una manera similar al electrodo 214 de la figura 6A.

- Seguidamente, se realiza un recocido a 850 °C de la estructura preparada de este modo.

En el caso en el que se realice una estructura similar a la de la figura 3, se apilan las diferentes placas y se ensamblan, por ejemplo, mediante unión por adhesivo, soldadura, etc. Como se explicó anteriormente, las placas se encuentran conectadas eléctricamente entre sí por contacto directo de los electrodos de las sucesivas placas, de forma que el ensamblaje permite conectar eléctricamente las células entre sí de una manera sencilla.

A modo de ejemplo, se puede usar un sustrato cuyo grosor se encuentre entre 250 μm y 1000 μm, y de manera ventajosa es igual a 600 μm. Los canales presentan una profundidad de 500 μm y una anchura comprendida entre 50 μm y 500 μm, de manera ventajosa es igual a 50 μm.

La anchura de las paredes de separación entre los canales se encuentra comprendida entre 10 μm y 500 μm, y de manera ventajosa es igual a 20 μm.

El grosor de la capa de silicio dopado n (o p) es típicamente de 500 nm.

Los electrodos 112, 114 presentan un grosor de 10 μm.

En el caso de un electrodo 114 que no recubra la parte superior de los canales, y en el que se dispongan periódicamente zonas no provistas de canales, estas últimas pueden disponerse típicamente cada 5 mm.

En las figuras 4 a 6B puede verse otro ejemplo de realización de un convertidor fotovoltaico 204 de acuerdo con la presente invención.

El convertidor comprende también canales 206 realizados sobre un sustrato de silicio 208. Sin embargo, a diferencia

de los canales del convertidor de la figura 2, estos se encuentran realizados de manera que la circulación del fluido se produzca en una dirección ortogonal a un plano del sustrato, simbolizado por las flechas 216.

Por lo tanto, los canales 206 están grabados en el sustrato con el fin de formar pasajes transversales con un eje sustancialmente ortogonal al plano del sustrato 208. Debe entenderse que los canales con un eje inclinado con respecto al plano del sustrato no se encuentran fuera del ámbito de aplicación de la presente invención.

En el ejemplo representado, el sustrato 208 en el que se encuentran grabados los canales 206 está dopado n, y seguidamente se realiza un depósito de silicio dopado p 210 sobre el sustrato 208, cubriendo el silicio dopado p el interior de los canales.

A continuación, se efectúa el depósito de los electrodos 212 y 214 sobre las caras frontal y posterior del sustrato.

Los electrodos únicamente se pueden depositar sobre los bordes de la placa (figura 4) o sobre toda la superficie de la cara posterior y de la cara frontal, lo que facilita la recogida de los electrones.

El convertidor forma entonces una membrana perforada con multitud de canales, diseñados para que el fluido los atraviese.

En la figura 6A se muestra una vista superior de un convertidor de la figura 4 con el electrodo 214 formando una cuadrícula sobre la superficie de la membrana. La conexión del electrodo con los medios de recogida de los electrones se denota mediante la referencia 218.

En la figura 6B se muestra un convertidor formado por un apilamiento de membranas similares a la de la figura 4 o 5. De manera similar al apilamiento de la figura 3, las membranas se encuentran conectadas eléctricamente en serie y únicamente se precisan dos conexiones a los medios de recogida.

En este convertidor fotovoltaico, la circulación se realiza desde de un extremo hasta el otro extremo del convertidor. El fluido fotoluminiscente atraviesa sucesivamente las diferentes membranas y se captan los fotones reemitidos.

El procedimiento de fabricación del convertidor de las figuras 4 y 5 es muy similar al de las figuras 2 y 3. La diferencia estriba en el hecho de que se realiza el grabado de pasajes transversales, en lugar de canales contenidos en el plano del sustrato. No obstante, los medios de grabado utilizados son similares a los utilizados para el convertidor de las figuras 2 y 3.

Los canales presentan, por ejemplo, un diámetro comprendido entre 20 µm y 100 µm, y de manera ventajosa es igual a 50 µm.

En el caso de la estructura de la figura 6A, las zonas exentas de pasajes se disponen, por ejemplo, cada 5 mm.

En el caso de que se realice un apilamiento tal como el de la figura 6B, el ensamblaje puede llevarse a cabo por adherencia molecular, unión por adhesivo o soldadura.

En la figura 7 se muestra un ejemplo de realización de un convertidor fotovoltaico 304 de acuerdo con la invención, en el que las células fotovoltaicas se fabrican a partir de películas delgadas, por ejemplo de polímero orgánico o de película delgada de CIS, CIGS o CdTe.

En este ejemplo, los canales 306 se encuentran delimitados dentro del recinto directamente por las películas delgadas 308 que forman las células fotovoltaicas, dispuestas en paralelo entre sí.

Las figuras 8A y 8B muestran un ejemplo de conexión de este tipo de convertidor al circuito. Se disponen dos boquillas 310, 312 sobre una superficie superior del recinto en dos vértices opuestos, permitiendo una de ellas la llegada del fluido y permitiendo la otra la evacuación del fluido.

De manera convencional, la recogida de los electrones sobre la película se lleva a cabo mediante electrodos metálicos depositados.

A continuación se describirá un procedimiento de fabricación de un convertidor de este tipo.

Las películas de células hechas de polímero orgánico se fabrican de una manera convencional. Por ejemplo, las películas se fabrican preferentemente de forma continua mediante la técnica denominada de «rodillo a rodillo» (*roll to roll*).

A continuación, las películas se ensamblan por unión por adhesivo, realizando las conexiones eléctricas de las células entre sí, lo que permite llevar a cabo las uniones serie/paralelo necesarias.

En el caso de las películas, por ejemplo de CIGS o CIS, estas se depositan sobre un polímero o un metal.

La técnica utilizada para la fabricación de las películas CIS o CIGS es también preferentemente de tipo continuo «rodillo a rodillo» (*roll to roll*).

Las películas se pueden ensamblar por unión por adhesivo, por soldadura, etc. realizando las conexiones eléctricas de las células entre sí, lo que permite llevar a cabo las uniones serie/paralelo necesarias.

En las figuras 9 y 10 se pueden ver otros dos ejemplos de realización 404, 504 de un convertidor fotovoltaico fabricado a partir de una película delgada arollada sobre sí misma.

En la figura 9, el convertidor comprende un canal 406 dispuesto entre las diferentes capas del arrollamiento para permitir el flujo del fluido. Tal canal 406 se puede obtener mediante el uso de separadores (no mostrados) intercalados entre las diferentes capas del arrollamiento, o mediante una estructuración directa de la película delgada, por ejemplo, por estampación. El relieve obtenido de este modo determina el espacio de separación entre las capas.

El flujo puede tener lugar a lo largo del eje X del arrollamiento o en el sentido del arrollamiento. En este último caso, se disponen medios para transportar el fluido o descargarlo a nivel del eje X del arrollamiento.

En el caso de la figura 10, el convertidor 504 está formado por un doble arrollamiento que forma dos canales 506, 508 arrollados entre sí, lo que permite hacer circular simultáneamente dos fluidos F1 y F2 por el arrollamiento. De manera ventajosa, uno de los fluidos F1 es el fluido cargado con las partículas fotoluminiscentes y el otro fluido F2 es un fluido de transferencia de calor que permite eliminar el calor del fluido fotoluminiscente. En consecuencia, el convertidor forma igualmente el intercambiador de calor. Para ello, se utiliza una película delgada plegada y luego arollada alrededor de sí misma.

Se dispone, al nivel del eje del arrollamiento X, la alimentación 510 del fluido fotoluminiscente F1 y la evacuación 512 del fluido de transmisión de calor. De manera ventajosa, la circulación de los fluidos F1 y F2 se efectúa de una manera a contracorriente, lo que mejora la eficiencia del intercambio de calor.

De una manera similar a ll convertidor de la figura 9, las películas delgadas pueden, de manera ventajosa, estar provistas de un desarrollo de superficie mediante la realización de canales obtenidos a través de diferentes procedimientos, tales como grabado, prensado en matriz, estampación o cualquier otro procedimiento.

Asimismo, se puede contemplar la realización de conductos formados por las células fotovoltaicas, es decir, integrar el convertidor en la canalización de circulación del fluido.

La presente invención resulta particularmente interesante por tratarse de un sistema antideflagrante, que puede utilizarse en aquellas zonas en las que se debe evitar cualquier tipo de fuente de alimentación eléctrica, tales como las zonas explosivas.

**REIVINDICACIONES**

1. Dispositivo de conversión fotovoltaica que presenta una zona de captación (2) de los fotones aportados por la radiación luminosa (R) y una zona de conversión (4, 104, 204, 304, 404, 504) de los citados fotones en energía eléctrica, estando formadas la zona de captación (2) y la zona de conversión (4, 104, 204, 304, 404, 504) por recintos independientes (8, 16), con un fluido cargado de partículas fotoluminiscentes que está destinado a circular entre la zona de captación (2) y la zona de conversión (4, 104, 204, 304, 404, 504), en el que las citadas partículas absorben los fotones y son transportadas hasta la zona de conversión (4, 104, 204, 304, 404, 504) en la que tiene lugar una reemisión de los fotones por las partículas.

2. Dispositivo de conversión fotovoltaica de acuerdo con la reivindicación 2, en el que las partículas fotoluminiscentes son partículas fosforescentes.

3. Dispositivo de conversión fotovoltaica de acuerdo con la reivindicación 2, en el que las partículas fosforescentes son sulfuros o seleniuros o fosforescentes de tipo óxido, preferentemente las partículas fosforescentes son sulfuros de zinc o aluminatos de alcalinotérreos dopados.

4. Dispositivo de conversión fotovoltaica de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4, en el que la concentración en masa de las partículas fotoluminiscentes se encuentra comprendida entre el 0,1 % y el 30 % y en el que el fluido es un alcano o un perfluoroalcano.

5. Dispositivo de conversión fotovoltaica de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4, en el que el recinto (8) de la zona de captación (2) comprende al menos una cara (14) transparente a la radiación luminosa (R) y el recinto (16) de la zona de conversión fotovoltaica (4, 104, 204, 304, 404, 504) presenta al menos una parte de las caras interiores de sus estructuras internas recubierta con células fotovoltaicas, presentando cada recinto (8, 16) un orificio de alimentación (10, 18) y un orificio de evacuación (12, 20) del fluido, estando conectado el orificio de evacuación (12, 20) de un recinto (8, 16) al orificio de alimentación (18, 10) del otro recinto (16, 8).

6. Dispositivo de conversión fotovoltaica de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 5, que comprende un intercambiador de calor, por ejemplo, encontrándose el intercambiador de calor interpuesto entre la zona de captación y la zona de conversión, aguas arriba de la zona de conversión.

7. Dispositivo de conversión fotovoltaica de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 6, en el que la zona de conversión (104, 204) comprende al menos una placa en la que se encuentran grabados canales de circulación del fluido (106, 206), y los materiales de la placa y de la superficie de los canales (106, 206) forman uniones p-n o n-p.

8. Dispositivo de conversión fotovoltaica de acuerdo con la reivindicación precedente, en el que los canales (106) se encuentran contenidos dentro del plano de la placa y en el que los canales (206) son transversales y ortogonales al plano de la placa de manera que forman una membrana perforada.

9. Dispositivo de conversión fotovoltaica de acuerdo con las reivindicaciones 7 u 8, que comprende un apilamiento de al menos dos placas.

10. Dispositivo de conversión fotovoltaica de acuerdo con la reivindicación 9, en el que las placas del apilamiento son alimentadas con el fluido en paralelo.

11. Dispositivo de conversión fotovoltaica de acuerdo con la reivindicación 9 o 10, en el que un intercambiador de calor se encuentra interpuesto entre cada par de placas del apilamiento.

12. Dispositivo de conversión fotovoltaica de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 6, en el que la zona de conversión (304, 404, 504) comprende células fotovoltaicas fabricadas con una película delgada de polímeros orgánicos o CIS, CIGS o CdTe depositado sobre metal o vidrio.

13. Dispositivo de conversión fotovoltaica de acuerdo con la reivindicación precedente, que comprende canales (306) delimitados por las películas delgadas.

14. Dispositivo de conversión fotovoltaica de acuerdo con la reivindicación 12, en el que la película delgada se encuentra enrollada sobre sí misma delimitando un canal (406, 506, 508) en forma de espiral.

15. Dispositivo de conversión fotovoltaica de acuerdo con la reivindicación precedente, que comprende separadores entre los diferentes arrollamientos de la película de manera que dos arrollamientos de la película se mantengan separados a fin de formar el canal (406, 506, 508), encontrándose los separadores unidos entre los arrollamientos o formados sobre la película por estampación o resalte de los mismos.

16. Dispositivo de conversión fotovoltaica de acuerdo con la reivindicación 14, que comprende dos canales (506, 508) arrollados uno alrededor del otro formados por plegado de la película delgada sobre sí misma y por

arrollamiento de esta película plegada, estando destinado uno de los canales (506) a la circulación del fluido cargado de partículas fotoluminiscentes (F1) y estando destinado el otro canal (508) a la circulación del fluido de transmisión de calor (F2).

17. Procedimiento de fabricación de un dispositivo fotovoltaico de acuerdo con una de las reivindicaciones 7 a 11, que comprende las siguientes etapas de fabricación de la zona de conversión:

- grabado de los canales (106, 206) en un sustrato (108, 208) de silicio dopado p o n,

- realización de un dopaje (110) de tipo p o n de la cara interior de los canales (106, 206), formando de este modo zonas emisoras de tipo n o p y zonas colectoras de tipo p o n,

- depósito de electrodos (112, 212, 114, 214) sobre las zonas emisoras y colectoras,

- recocido de la citada estructura así formada.

18. Procedimiento de fabricación de un dispositivo fotovoltaico de acuerdo con la reivindicación precedente, que comprende la etapa de depositar un material antirreflectante antes de la etapa de depósito de los electrodos.

19. Procedimiento de fabricación de un dispositivo fotovoltaico de acuerdo con una de las reivindicaciones 17 a 18, que comprende la etapa de ensamblaje de varias placas apiladas mediante unión por adhesivo o soldadura.

20. Procedimiento de fabricación de un dispositivo fotovoltaico de acuerdo con una de las reivindicaciones 12 a 16, que comprende las etapas de:

- fabricación de una película de polímero orgánico de CIS, CIGS y CdTe, por ejemplo mediante un procedimiento continuo de tipo «rodillo a rodillo» (*roll to roll*),

- arrollamiento de la película sobre sí misma dejando un espacio de separación entre las diferentes capas del arrollamiento.

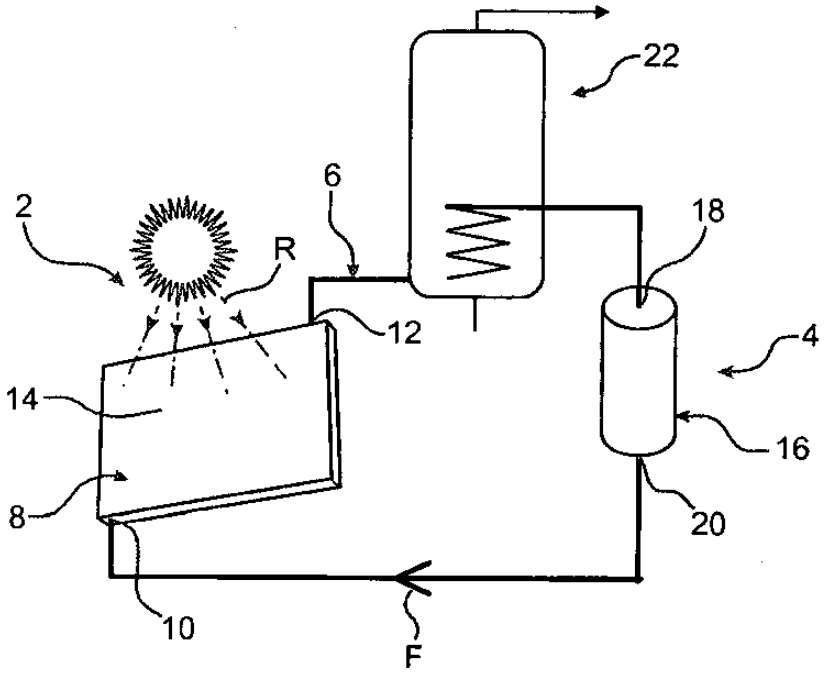



FIG.1

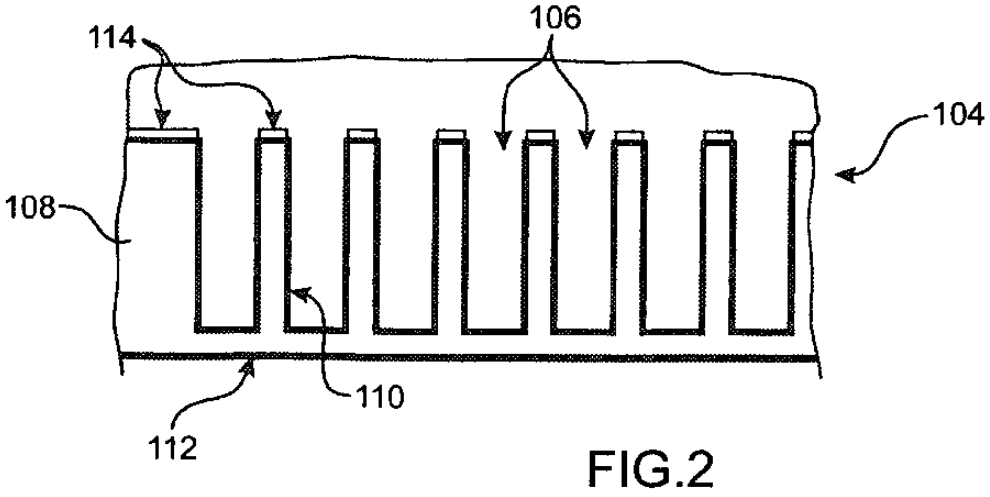



FIG.2

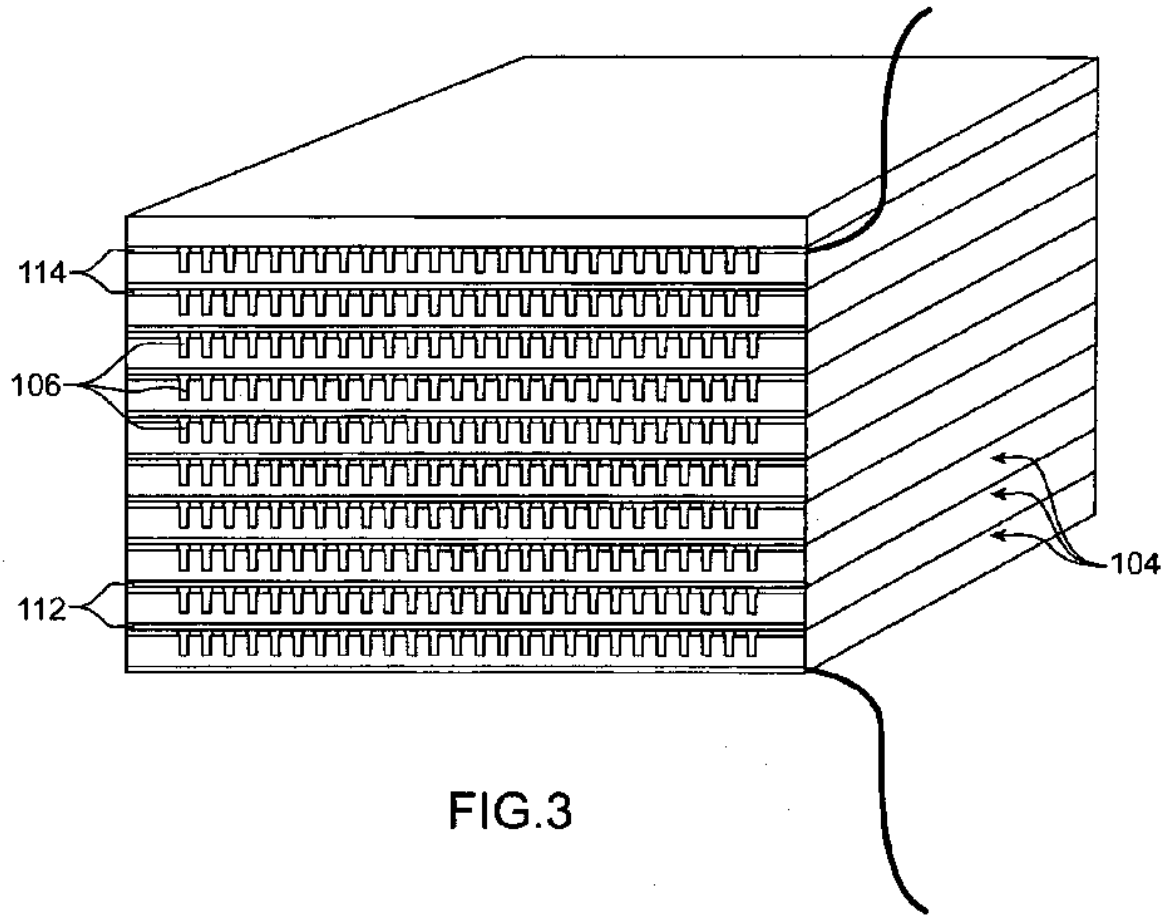



FIG.3

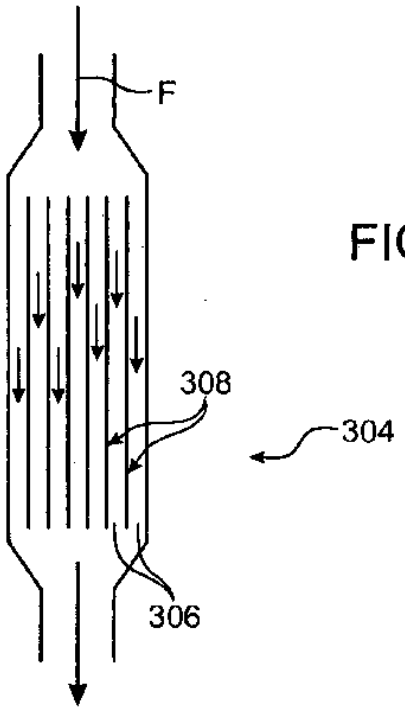
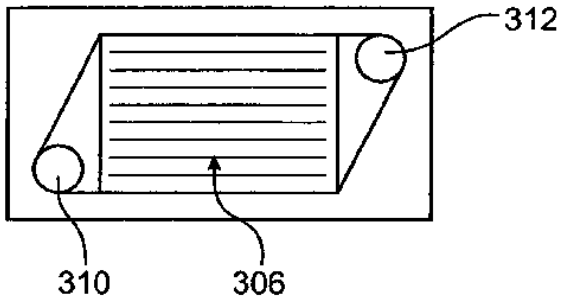



FIG.7

FIG.8A



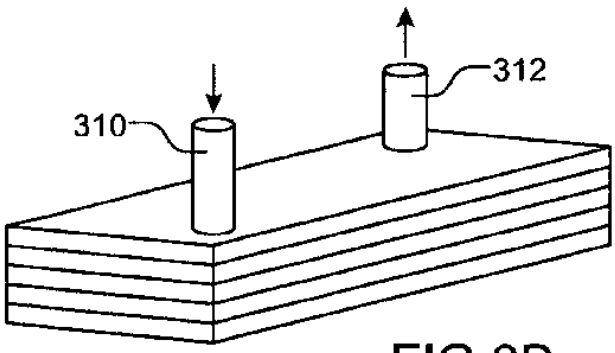




FIG.8B

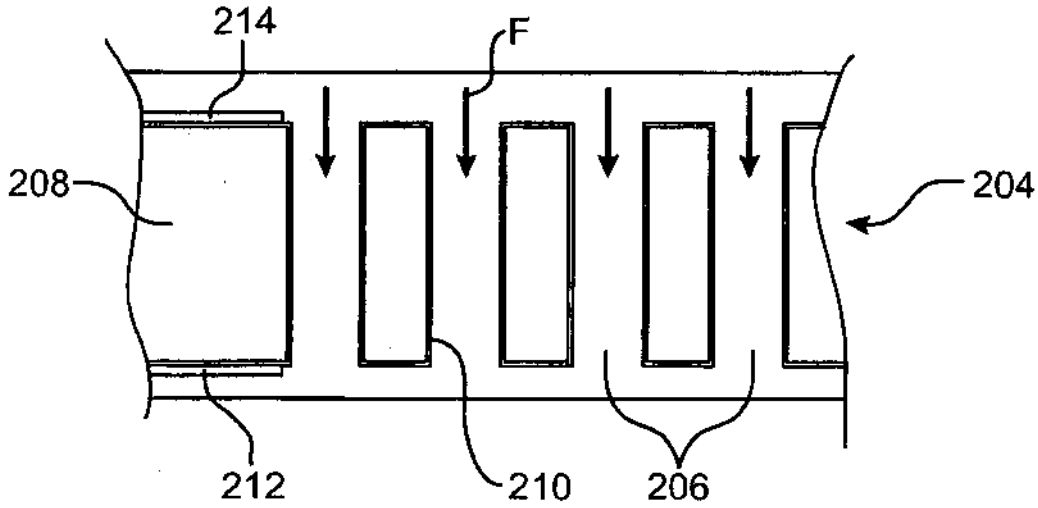



FIG.4

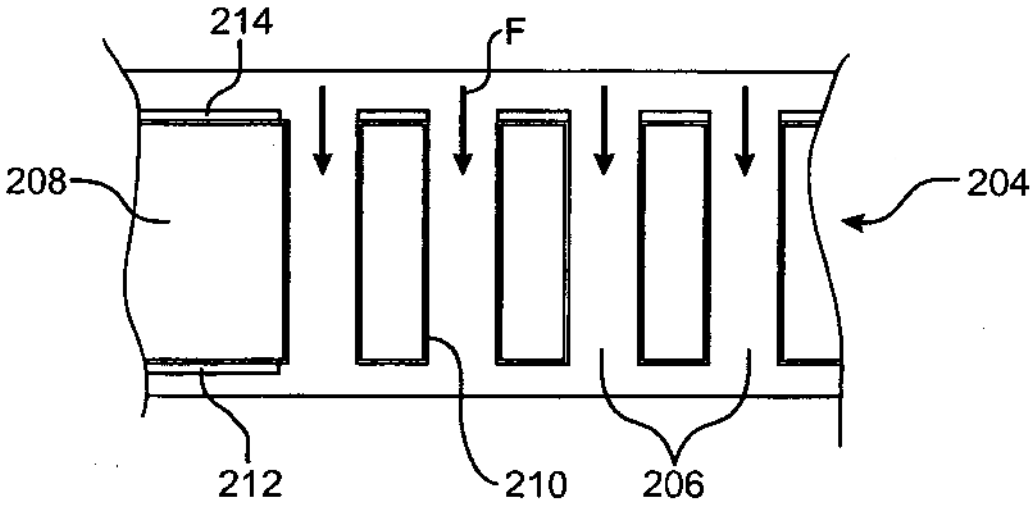



FIG.5

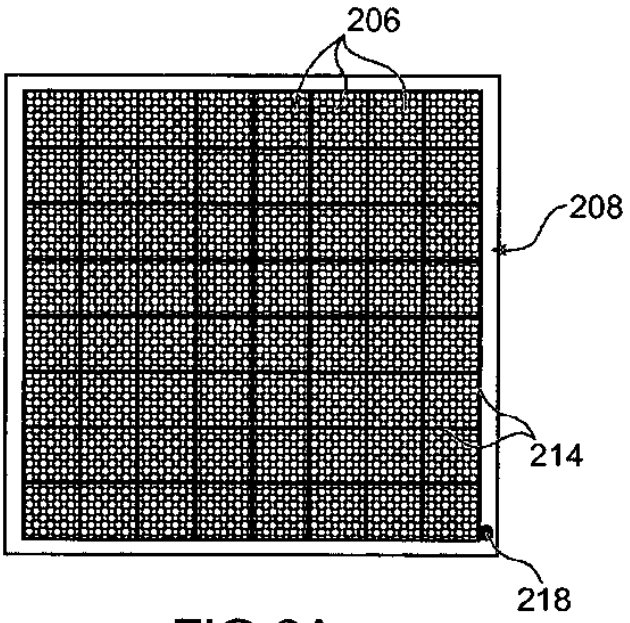



FIG.6A

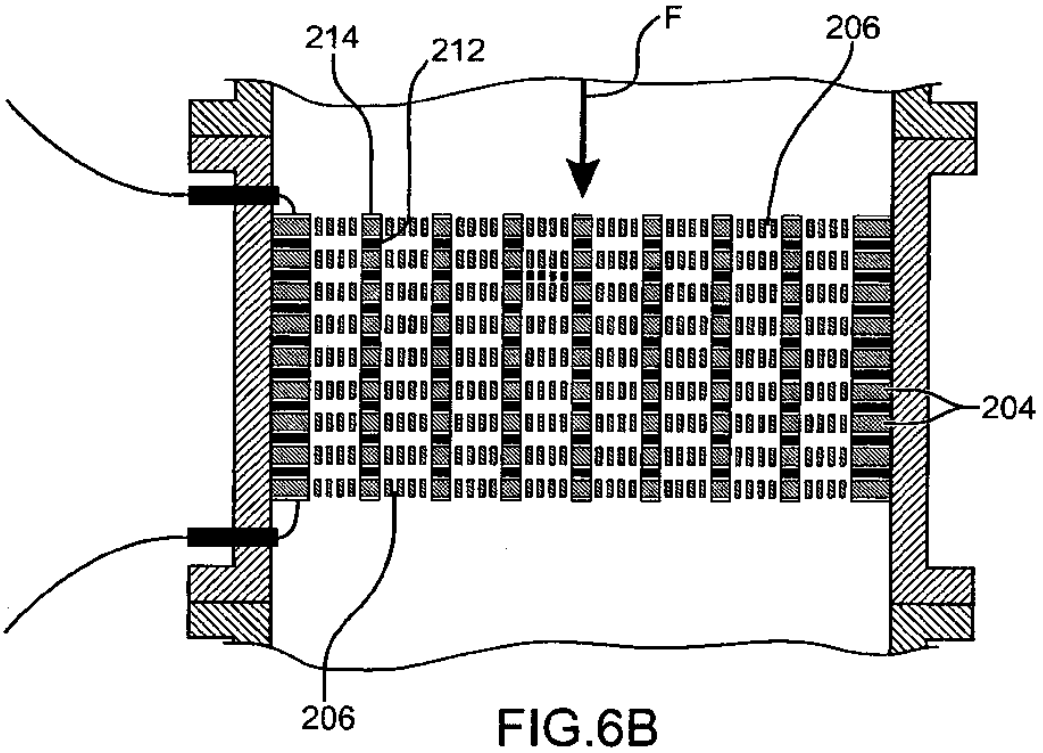



FIG.6B

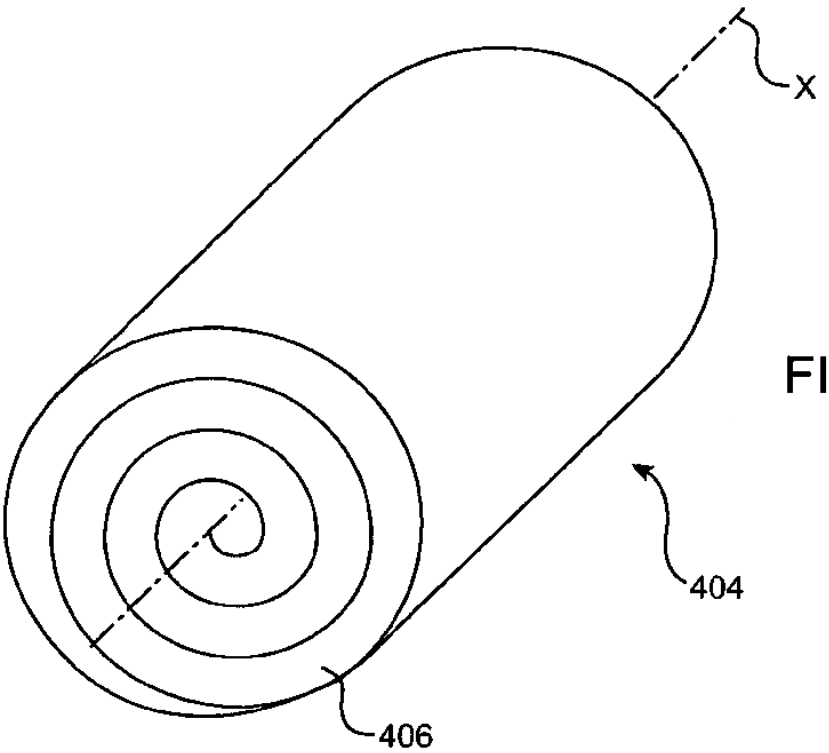



FIG.9

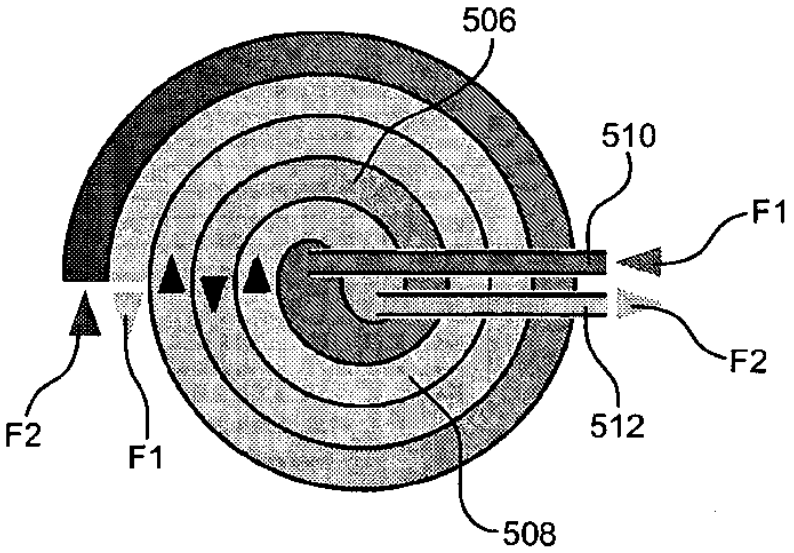



FIG.10