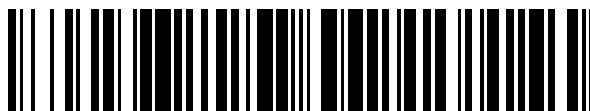


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 777 933**

51 Int. Cl.:

H01J 45/00	(2006.01) B23K 101/34	(2006.01)
B23K 26/00	(2014.01) B23K 103/00	(2006.01)
F24S 70/16	(2008.01)	
H01L 35/16	(2006.01)	
H01L 35/22	(2006.01)	
H01L 35/30	(2006.01)	
H01L 35/32	(2006.01)	
H01L 35/34	(2006.01)	
B23K 26/0622	(2014.01)	
B23K 26/352	(2014.01)	

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **02.09.2013 PCT/IB2013/058225**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **06.03.2014 WO14033690**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.09.2013 E 13777148 (1)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.03.2020 EP 2893549**

54 Título: **Dispositivo convertidor termoiónico**

30 Prioridad:

03.09.2012 IT RM20120427

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

06.08.2020

73 Titular/es:

**CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE
(100.0%)
Piazzale Aldo Moro 7
00185 Roma, IT**

72 Inventor/es:

**TRUCCHI, DANIELE MARIA;
CAPPELLI, EMILIA;
ORLANDO, STEFANO y
SCITI, DILETTA**

74 Agente/Representante:

VÁZQUEZ FERNÁNDEZ-VILLA, Concepción

ES 2 777 933 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

Dispositivo convertidor termoiónico

La presente invención se refiere a un dispositivo convertidor termoiónico, y posiblemente también termoelectrico, que puede integrarse ventajosamente en sistemas de concentrador solar (también conocidos como sistemas CSP: *Concentrating Solar Power*, concentración de energía solar), que permiten un control eficiente, fiable, compacto y fácil de controlar, para convertir la energía de radiación electromagnética, en particular energía solar concentrada, en energía eléctrica y posiblemente térmica. La presente invención se refiere además al procedimiento de microfabricación del dispositivo convertidor.

En lo que sigue en la presente descripción y en las reivindicaciones, los materiales cerámicos se definen con la expresión "material cerámico a base de" sustancia; debe entenderse que dicha expresión incluye tanto materiales cerámicos que comprenden la sustancia como materiales cerámicos que consisten sólo en la sustancia (aparte de la contaminación química habitual de los materiales que es tolerable con las tecnologías de fabricación actuales), mediante lo cual en este último caso la expresión debe pretenderse que sea sinónimo de "sustancia".

Aunque en lo siguiente se hace referencia principalmente a una aplicación del dispositivo convertidor según la invención para un sistema CSP, puede aplicarse en cualquier otro campo tecnológico de conversión de energía de radiación electromagnética en energía eléctrica, y posiblemente térmica, permaneciendo todavía dentro del alcance de protección según se define mediante las reivindicaciones adjuntas. A modo de ejemplo, otro campo de aplicación del dispositivo convertidor según la invención puede ser el sector aeroespacial en el que, en condiciones de baja presión o de vacío casi absoluto, como las condiciones fuera de la atmósfera de la Tierra, el convertidor puede funcionar de manera altamente eficiente.

Se sabe que en los últimos años se han desarrollado algunos dispositivos convertidores termoiónicos y termoelectricos para producir energía eléctrica partiendo de radiación solar, preferiblemente concentrada a través de sistemas CSP. A modo de ejemplo, Naito H. *et al.*, en "Development of a Solar Receiver for a High-Efficiency Thermionic/Thermoelectric Conversion", Solar Energy vol. 58, n.º 4-6, págs. 191-195, 1996 Elsevier Science Ltd., dan a conocer un sistema convertidor que combina un dispositivo termoiónico con uno termoelectrico y que funciona a una temperatura muy alta, mayor de 1600°C, en el que el emisor termoiónico funciona por radiación del cuerpo gris. De diferente manera, el documento US2011221328A1 da a conocer un dispositivo convertidor termoiónico que funciona a temperaturas mucho menores.

Sin embargo, los dispositivos convertidores de la técnica anterior presentan algunos inconvenientes.

En primer lugar, suelen funcionar a temperaturas muy altas. Esto conlleva la necesidad de sistemas de concentrador muy sofisticados para obtener factores muy altos de concentración de radiación solar. Esto conlleva que los dispositivos convertidores y los sistemas de concentrador relacionados son bastante complejos, difíciles de controlar y requieren una instalación cuidadosa y un mantenimiento frecuente. Además, los dispositivos convertidores de la técnica anterior, sobre todo aquellos que funcionan a bajas temperaturas, no son eficientes.

Por tanto, es un objeto de esta invención permitir de una manera que sea eficiente, fiable, compacta y fácil de controlar, convertir energía solar concentrada en energía eléctrica y térmica.

La presente invención define un dispositivo convertidor según la reivindicación 1 y un procedimiento de microfabricación de tal dispositivo convertidor según la reivindicación 9.

Se describe un dispositivo convertidor para convertir energía de radiación electromagnética, en particular energía solar concentrada, en energía eléctrica, que comprende un emisor termoiónico separado por un espacio entre electrodos de un colector termoiónico, estando dotados el emisor termoiónico y el colector termoiónico de medios de conexión eléctrica configurados para poderse conectar a una primera carga eléctrica externa para suministrar energía eléctrica, estando caracterizado el dispositivo convertidor porque comprende además un absorbente de radiación electromagnética, configurado para transformar energía de radiación electromagnética en energía térmica, teniendo una superficie exterior configurada para exponerse a radiación electromagnética y una superficie interior acoplada de manera solidaria con el emisor termoiónico, estando dotada la superficie exterior de una estructura de superficie periódica submicrométrica, estando integrado el emisor termoiónico de manera monolítica en dicha superficie interior del absorbente, componiéndose el absorbente de un material seleccionado del grupo que comprende o consiste en:

- materiales cerámicos seleccionados del grupo que comprende o consiste en:

carburo de hafnio (HfC),

carburo de hafnio (HfC) que tiene un porcentaje en volumen de siliciuro de molibdeno (MoSi₂) menor del 40%,

carburo de silicio (SiC),

carburo de silicio (SiC) que contiene aditivos en un porcentaje en volumen menor del 20%,

5 carburo de silicio (SiC) que contiene aditivos en un porcentaje en volumen menor del 20% y que comprende además siliciuro de molibdeno en un porcentaje en volumen que oscila entre el 20% y el 40%,

10 materiales cerámicos a base de nitrato de aluminio (AlN) que contienen aditivos y que contienen además un porcentaje en volumen de carburo de silicio que oscila entre el 5% y el 25% y un porcentaje en volumen de siliciuro de molibdeno que oscila entre el 20% y el 40%.

carburo de tántalo (TaC),

15 material cerámico a base de carburo de tántalo (TaC),

- metales refractarios seleccionados del grupo que comprende o consiste en molibdeno y wolframio,
- grafito pirolítico,

20 componiéndose el emisor termoiónico de un material seleccionado del grupo que comprende o consiste en:

- diamante en película delgada de grosor menor de 25 micrómetros depositado a través de deposición química en fase de vapor (CVD, por sus siglas en inglés),
- 25 - diamante en película delgada de grosor menor de 25 micrómetros depositado a través de CVD que tiene un dopado de tipo n,
- diamante en película delgada de grosor menor de 25 micrómetros depositado a través de CVD que tiene terminación química de superficie con hidrógeno monoatómico y/o deposiciones de zirconio y/o cesio.
- 30 - diamante en película delgada de grosor menor de 25 micrómetros depositado a través de CVD que tiene un dopado de tipo n y que tiene terminación química de superficie con hidrógeno monoatómico y/o deposiciones de zirconio y/o cesio.
- 35 - materiales cerámicos en película delgada de grosor menor de 25 micrómetros seleccionados del grupo que comprende o consiste en:

materiales cerámicos a base de nitrato de titanio (TiN),

40 materiales cerámicos a base de siliciuro de molibdeno,

materiales cerámicos a base de carburo,

45 materiales cerámicos a base de boruro,

- metales refractarios en forma de película delgada con grosor no mayor de 1 micrómetro.

Preferiblemente, el absorbente puede componerse de un material cerámico seleccionado del grupo que comprende o consiste en:

50 carburo de hafnio (HfC) que tiene un porcentaje en volumen de siliciuro de molibdeno (MoSi₂) que oscila entre el 2% y el 30%, que oscila preferiblemente entre el 3% y el 20%, que oscila más preferiblemente entre el 4% y el 10%, todavía más preferiblemente es igual al 5%,

55 carburo de silicio (SiC) que contiene aditivos en un porcentaje en volumen menor del 20%, comprendiendo o consistiendo los aditivos en óxido de aluminio (Al₂O₃) y óxido de itrio (Y₂O₃), en los que el óxido de aluminio oscila preferiblemente entre el 3% y el 9% en volumen, más preferiblemente es igual al 6% en volumen, y en los que el óxido de itrio oscila preferiblemente entre el 1% y el 7% en volumen, más preferiblemente es igual al 4% en volumen,

60 carburo de silicio (SiC) que contiene aditivos en un porcentaje en volumen menor del 20%, comprendiendo o consistiendo los aditivos en óxido de aluminio (Al₂O₃) y óxido de itrio (Y₂O₃), y que comprenden además siliciuro de molibdeno en un porcentaje en volumen que oscila entre el 20% y el 40%, en los que el óxido de aluminio oscila preferiblemente entre el 3% y el 9% en volumen, más preferiblemente es igual al 6% en volumen, y en los que el óxido de itrio oscila preferiblemente entre el 1% y el 7% en volumen, más preferiblemente es igual al 4% en volumen, y en los que el siliciuro de molibdeno está presente con un porcentaje en volumen que oscila

preferiblemente entre el 25% y el 35%, más preferiblemente es igual al 30%,

5 materiales cerámicos a base de nitrato de aluminio (AlN) que contienen aditivos que comprenden o consisten en óxido de itrio con un porcentaje en peso que oscila entre el 1% y el 5%, que oscila preferiblemente entre el 1% y el 3%, más preferiblemente es igual al 2%, y que contienen además un porcentaje en volumen de carburo de silicio que oscila entre el 5% y el 25%, que oscila preferiblemente entre el 10% y el 20%, más preferiblemente es igual al 15%, y un porcentaje en volumen de siliciuro de molibdeno que oscila entre el 20% y el 40%, que oscila preferiblemente entre el 25% y el 35%, más preferiblemente es igual al 30%,

10 material cerámico a base de carburo de tántalo (TaC) que contiene aditivos, que comprenden o consisten preferiblemente en óxido de aluminio y/u óxido de itrio, y/o siliciuro de molibdeno con un porcentaje en volumen de siliciuro de molibdeno que oscila entre el 20% y el 40%, que oscila preferiblemente entre el 25% y el 35%, más preferiblemente es igual al 30%.

15 Según otro aspecto de la invención, el emisor termoiónico puede componerse de un material seleccionado del grupo que comprende o consiste en:

- diamante en película delgada de grosor menor de 10 micrómetros, preferiblemente menor de 5 micrómetros, más preferiblemente menor de 1 micrómetro, depositado a través de CVD,

20 - diamante en película delgada de grosor menor de 25 micrómetros, preferiblemente menor de 10 micrómetros, más preferiblemente menor de 5 micrómetros, todavía más preferiblemente menor de 1 micrómetro, depositado a través de CVD que tiene un dopado de tipo n con nitrógeno,

25 - diamante en película delgada de grosor menor de 10 micrómetros, preferiblemente menor de 5 micrómetros, más preferiblemente menor de 1 micrómetro, depositado a través de CVD que tiene terminación química de superficie con hidrógeno monoatómico y/o deposiciones de zirconio y/o cesio,

30 - diamante en película delgada de grosor menor de 25 micrómetros, preferiblemente menor de 10 micrómetros, más preferiblemente menor de 5 micrómetros, todavía más preferiblemente menor de 1 micrómetro, depositado a través de CVD que tiene un dopado de tipo n con nitrógeno y terminación química de superficie con hidrógeno monoatómico y/o deposiciones de zirconio y/o cesio,

35 - materiales cerámicos en película delgada a base de carburo de titanio (TiC) y/o carburo de zirconio (ZrC) y/o carburo de wolframio (WC) y/o carburo de hafnio (HfC) de grosor menor de 25 micrómetros,

- materiales cerámicos en película delgada a base de boruro de titanio (TiB₂) y/o boruro de zirconio (ZrB₂) y/o hexaboruro de lantano (LaB₆) de grosor menor de 25 micrómetros,

40 - materiales cerámicos en película delgada de grosor menor de 10 micrómetros, preferiblemente menor de 5 micrómetros, más preferiblemente menor de 1 micrómetro, seleccionados del grupo que comprende o consiste en:

45 materiales cerámicos a base de nitrato de titanio (TiN),

materiales cerámicos a base de siliciuro de molibdeno,

materiales cerámicos a base de carburo,

50 materiales cerámicos a base de boruro,

- metales refractarios en forma de película delgada con grosor no mayor de 1 micrómetro, preferiblemente no mayor de 800 nanómetros, más preferiblemente no mayor de 700 nanómetros, todavía más preferiblemente no mayor de 600 nanómetros, incluso más preferiblemente no mayor de 500 nanómetros, incluso todavía más preferiblemente no mayor de 400 nanómetros, seleccionados del grupo que comprende o consiste en

60 Según un aspecto adicional de la invención, el emisor termoiónico puede estar separado del colector termoiónico por una distancia menor de 1 mm, preferiblemente menor de 100 micrómetros, más preferiblemente menor de 10 micrómetros, estando separado preferiblemente el emisor termoiónico del colector termoiónico a través de uno o más espaciadores que se componen más preferiblemente de un material seleccionado del grupo que comprende o consiste en zircona, alúmina y vidrio cerámico MACOR®, componiéndose preferiblemente el colector termoiónico de un material seleccionado del grupo que comprende o consiste en molibdeno y wolframio, más preferiblemente recubierto con cesio. En particular, en lo que sigue de la presente descripción y en las reivindicaciones, debe pretenderse que el vidrio cerámico MACOR® sea el material de vidrio cerámico mecanizable, cuya marca registrada es MACOR®, disponible de la empresa estadounidense Corning Inc. de Corning, Nueva York, y que se compone

aproximadamente del 55% de mica de tipo fluorflogopita y el 45% de vidrio de borosilicato, según se notifica en la ficha técnica de MACOR® disponible en la web, por ejemplo, en la dirección <http://psec.uchicago.edu/ceramics/MACOR%20Data%20Sheet.pdf>.

5 Según otro aspecto de la invención, el absorbente puede estar dotado en una o más paredes laterales de una capa de metal refractario, teniendo el absorbente 1 preferiblemente una conformación de disco, más preferiblemente teniendo un diámetro que oscila entre 30 mm y 50 mm y un grosor que oscila entre 3 mm y 10 mm.

10 Según un aspecto adicional de la invención, el dispositivo convertidor puede comprender además una carcasa de alojamiento, en la que el absorbente, el emisor termoiónico y el colector termoiónico están alojados, estando dotada la carcasa de alojamiento de un orificio pasante cerrado por una ventana configurada para transmitir radiación electromagnética que incide sobre la misma ventana a la superficie exterior del absorbente, estando configurada la carcasa de alojamiento para mantener condiciones de vacío en su interior, preferiblemente de tal manera que la presión en el interior de la carcasa de alojamiento sea menor de 10^{-5} mbar, estando conformado dicho orificio pasante según un tronco de cono con paredes interiores que tienen una inclinación con respecto a un eje vertical del tronco de cono preferiblemente igual a 45° , comprendiendo además preferiblemente el dispositivo convertidor un aparato de bombeo conectado a través de medios de conexión hidráulica a la carcasa de alojamiento, oscilando preferiblemente la distancia entre la ventana y la superficie exterior del absorbente entre 1,0 mm y 10,0 mm, más preferiblemente siendo igual a 5,0 mm, comprendiendo además preferiblemente el dispositivo convertidor un disipador de calor activo frontal que comprende al menos una cavidad dotada de medios de conexión hidráulica configurados para recibir un flujo de un líquido refrigerante para extraer calor de la ventana, comprendiendo preferiblemente el líquido refrigerante una disolución de agua desionizada y etilenglicol, más preferiblemente en una proporción del 50%-50%, o agua desmineralizada, recubriéndose una superficie interior de la carcasa de alojamiento con una capa de material reflectante de infrarrojos.

25 Según un aspecto adicional de la invención, el dispositivo convertidor puede comprender además un módulo termoelectrico que comprende una primera capa configurada para funcionar como lado caliente del módulo termoelectrico, estando acoplada la primera capa de manera solidaria con una pluralidad de elementos termoelectricos dotados de pistas de interconexión, estando acoplada a su vez la pluralidad de elementos termoelectricos de manera solidaria con una segunda capa configurada para funcionar como lado frío del módulo termoelectrico, estando acoplado el colector termoiónico de manera solidaria con la primera capa, estando dotado el módulo termoelectrico de medios de conexión eléctrica configurados para poderse conectar a una segunda carga eléctrica externa para suministrar energía eléctrica a esta última, componiéndose preferiblemente la primera capa y la segunda capa de un material cerámico, más preferiblemente diamante depositado a través de CVD o nitrato de aluminio depositado a través de serigrafía o recubrimiento geopolimérico, seleccionándose preferiblemente los elementos termoelectricos del grupo que comprende elementos semiconductores y pares de elementos que se componen de metales con diferente función de trabajo, componiéndose más preferiblemente los elementos termoelectricos de un material seleccionado del grupo que comprende o consiste en:

- 40 - un material a base de telururo de bismuto (Bi_2Te_3) y telururo de antimonio (Sb_2Te_3),
- un material a base de telururo de plomo (PbTe),
- un material a base de aleación de silicio-germanio (SiGe),
- 45 - un material a base de titanato y/o lantanato de bario y estroncio dopado,
- un material a base de carburos y/o boruros,
- 50 - un material a base de carburo de silicio y/o carburo de silicio-silicio,
- un material a base de carburo de boro-boruro de titanio ($\text{B}_4\text{C-TiB}_2$),
- un material compuesto metal-cerámica,

55 componiéndose todavía más preferiblemente los elementos termoelectricos de telururo de plomo en película delgada y dopándose mediante dopado de tipo n a través de telururo de antimonio y dopándose mediante dopado de tipo p a través de plata.

60 Según otro aspecto de la invención, el dispositivo convertidor puede comprender además medios de disipador de calor posterior acoplados de manera solidaria con la segunda capa del módulo termoelectrico y configurados para extraer calor de la segunda capa del módulo termoelectrico, seleccionándose dichos medios de disipador de calor del grupo que consiste en:

- 65 - un disipador de calor activo posterior que comprende al menos una cavidad dotada de medios de conexión hidráulica configurados para recibir un flujo de un líquido refrigerante para controlar termostáticamente la

segunda capa del módulo termoelectrico, comprendiendo preferiblemente el líquido refrigerante una disolución de agua desionizada y etilenglicol, más preferiblemente en una proporción del 50%-50%, o agua desmineralizada,

- 5 - un intercambiador de calor pasivo.

Se describe un procedimiento de microfabricación de un dispositivo convertidor para convertir energía de radiación electromagnética, en particular energía solar concentrada, en energía eléctrica, caracterizado porque el dispositivo convertidor es el dispositivo convertidor que acaba de describirse, mediante lo cual el dispositivo convertidor comprende un absorbente de radiación electromagnética, que tiene una superficie exterior configurada para exponerse a radiación electromagnética y una superficie interior y dotado de una estructura de superficie periódica submicrométrica, y un emisor termoiónico y un colector termoiónico, y en el que el procedimiento comprende las etapas de:

- 15 A. disponer del absorbente,
B. depositar sobre dicha superficie interior del absorbente el material del que se compone el emisor termoiónico, mediante lo cual al final de la etapa B el emisor termoiónico se integra de manera monolítica en dicha superficie interior del absorbente,
20 C. realizar la estructura de superficie periódica submicrométrica por medio de un tratamiento de la superficie exterior del absorbente a través de un láser de femtosegundo, mediante lo cual un rayo láser incide directamente sobre la superficie exterior del absorbente.

25 Según otro aspecto de la invención, la etapa C puede realizarse con:

- longitud de onda de láser que oscila entre 200 y 1000 nanómetros, preferiblemente entre 550 y 800 nanómetros;
- duración de pulso de láser individual que oscila entre 10 y 100 femtosegundos;
30 - incidencia de rayo láser con un ángulo con respecto a una normal a la superficie exterior del absorbente que oscila entre 0° y 60°, preferiblemente con incidencia ortogonal a la superficie exterior del absorbente, es decir, con un ángulo con respecto a la normal a la superficie exterior del absorbente igual a 0°;
35 - energía de pulso de láser que varía dentro del intervalo de 0,01 - 5,00 mJ/pulso, preferiblemente dentro del intervalo de 0,2 - 2,0 mJ/pulso;
- enfoque puntual que tiene un diámetro que oscila entre 5 µm y 1 mm, que oscila preferiblemente entre 100 µm y 0,5 mm;
40 - velocidad de una placa de traslación sobre la que se monta el absorbente cuya superficie exterior se trata con el rayo láser que varía dentro del intervalo de 0,01 a 100,00 cm/s, preferiblemente dentro del intervalo de 0,2 a 3,0 cm/s.

45 Según otro aspecto de la invención, después de la etapa A, puede ejecutarse la siguiente etapa:

- D. depositar una capa de metal refractario sobre una o más paredes laterales del absorbente.

Según un aspecto adicional de la invención, la etapa B puede comprender la siguiente subetapa:

- 50 B.1 depositar una película delgada de diamante de grosor menor de 25 micrómetros sobre dicha superficie interior del absorbente a través de CVD, preferiblemente a través de CVD de microondas o a través de CVD de filamento caliente, que tiene metano e hidrógeno como gases precursores, oscilando la razón de gas precursor de metano con respecto a hidrógeno entre el 0,05% y el 5%, siendo preferiblemente igual al 1%,
55

mediante lo cual el emisor termoiónico se compone de un material seleccionado del grupo que comprende o consiste en:

- diamante en película delgada de grosor menor de 25 micrómetros depositado a través de CVD,
60 - diamante en película delgada de grosor menor de 25 micrómetros depositado a través de CVD que tiene un dopado de tipo n,
- diamante en película delgada de grosor menor de 25 micrómetros depositado a través de CVD que tiene terminación química de superficie con hidrógeno monoatómico y/o deposiciones de zirconio y/o cesio.
65

- diamante en película delgada de grosor menor de 25 micrómetros depositado a través de CVD que tiene un dopado de tipo n y que tiene terminación química de superficie con hidrógeno monoatómico y/o deposiciones de zirconio y/o cesio.

5 en el que preferiblemente la subetapa B.1 se realiza en un reactor de CVD que tiene una atmósfera en la que se introduce un gas de nitrógeno, mediante lo cual el emisor termoiónico se compone preferiblemente de un material seleccionado del grupo que comprende o consiste en:

- 10 - diamante en película delgada de grosor menor de 25 micrómetros depositado a través de CVD que tiene un dopado de tipo n,
- diamante en película delgada de grosor menor de 25 micrómetros depositado a través de CVD que tiene un dopado de tipo n y que tiene terminación química de superficie con hidrógeno monoatómico y/o deposiciones de zirconio y/o cesio.

15 comprendiendo además preferiblemente la etapa B, después de la subetapa B.1, la siguiente subetapa:

B.2 exponer la película delgada de diamante obtenida de la etapa B.1. a plasma de hidrógeno para hacer que una capa monoatómica de hidrógeno se adhiera a una superficie de diamante,

20 mediante lo cual el emisor termoiónico se compone preferiblemente de un material seleccionado del grupo que comprende o consiste en:

- 25 - diamante en película delgada de grosor menor de 25 micrómetros depositado a través de CVD que tiene terminación química de superficie con hidrógeno monoatómico y/o deposiciones de zirconio y/o cesio.
- diamante en película delgada de grosor menor de 25 micrómetros depositado a través de CVD que tiene un dopado de tipo n y que tiene terminación química de superficie con hidrógeno monoatómico y/o deposiciones de zirconio y/o cesio.

30 Según otro aspecto de la invención, la etapa B puede comprender la siguiente subetapa:

B.3 depositar hexaboruro de lantano (LaB_6) mediante deposición física en fase de vapor (PVD), preferiblemente seguida de un tratamiento de una superficie del emisor termoiónico a través de láser de femtosegundo, y/o a través de deposición con láser pulsado (PLD), y/o a través de una técnica de pulverización catódica por radiofrecuencia (pulverización catódica por RF) sobre dicha superficie interior del absorbente,

40 mediante lo cual el emisor termoiónico se compone de película delgada de hexaboruro de lantano (LaB_6), preferiblemente nanoestructurada, de grosor menor de 25 micrómetros, preferiblemente no mayor de 1 micrómetro, más preferiblemente no mayor de 800 nanómetros, todavía más preferiblemente no mayor de 700 nanómetros, incluso más preferiblemente no mayor de 600 nanómetros, todavía más preferiblemente no mayor de 500 nanómetros, todavía incluso más preferiblemente no mayor de 400 nanómetros.

45 Según un aspecto adicional de la invención, el procedimiento puede comprender además, después de la etapa C, la siguiente etapa:

E. realizar en el colector termoiónico una primera capa, configurada para funcionar como lado caliente de un módulo termoeléctrico, de un material cerámico seleccionado entre diamante depositado a través de CVD o nitruro de aluminio depositado a través de serigrafía o recubrimiento geopolimérico,

50 mediante lo cual el dispositivo convertidor es el dispositivo convertidor descrito anteriormente que comprende un módulo termoeléctrico.

55 Según un aspecto adicional de la invención, el procedimiento puede comprender además, después de la etapa E, la siguiente etapa:

F. depositar selectivamente a través de PVD una pluralidad de elementos termoeléctricos de material cerámico a base de boruro y/o carburo electroconductor sobre la primera capa obtenida de la etapa E,

60 o la siguiente etapa:

G. depositar sobre la primera capa obtenida de la etapa E a través de PLD y/o a través de pulverización catódica por RF una película delgada de telururo de plomo a temperaturas mayores de 300°C y menores de 700°C , que oscila preferiblemente entre 400°C y 550°C , dopándose selectivamente la película delgada de telururo de plomo mediante dopado de tipo n a través de una posterior deposición de telururo de antimonio y dopándose selectivamente mediante dopado de tipo p a través de una posterior deposición de plata,

65

definiéndose espacialmente la película delgada de telururo de plomo según una disposición de elementos termoelectricos, comprendiendo preferiblemente la deposición a través de PLD y/o a través de pulverización catódica por RF las siguientes subetapas:

- 5 G.1 depositar telururo de plomo partiendo de la ablación de un objetivo de telururo de plomo monocristalino o policristalino con una pureza del 99,995%,
- G.2 realizar una ablación de un objetivo de telururo de antimonio con una pureza del 99,995% para introducir selectivamente átomos de antimonio en la película delgada de telururo de plomo obtenida de la subetapa G. 1
10 y obtener un dopado de tipo n,
- G.3 realizar una ablación de un objetivo de plata con una pureza del 99,995% para introducir selectivamente átomos de plata y obtener un dopado de tipo p,
- 15 G.4 definir espacialmente la película delgada de telururo de plomo dopado obtenida de las subetapas G.1-G.3 a través de técnicas fotolitográficas combinadas con técnicas de disolución química para obtener la disposición de elementos termoelectricos,

comprendiendo además preferiblemente el procedimiento, después de la etapa F o G, la siguiente etapa:

- 20 H. realizar una segunda capa, configurada para funcionar como lado frío del módulo termoelectrico, de un material cerámico seleccionado entre diamante depositado a través de CVD o nitrato de aluminio depositado a través de serigrafía o recubrimiento geopolimérico.

25 Los componentes activos del dispositivo convertidor según la invención son el absorbente de radiación electromagnética, un módulo termoiónico que comprende un emisor y un colector, y posiblemente un módulo termoelectrico; a este respecto, cualquier forma de radiación electromagnética está destinada a ser radiación electromagnética, incluyendo, en particular, la radiación solar y las radiaciones de microondas. Gracias a tales componentes, el dispositivo convertidor puede producir energía eléctrica y, en la realización preferida que comprende
30 los dos módulos convertidores (que implementan una conversión de dos etapas), también energía térmica. El absorbente de radiación electromagnética es un convertidor fototérmico eficiente que se compone de un material seleccionado entre materiales cerámicos, metales refractarios y grafito pirolítico.

35 El dispositivo convertidor según la invención funciona en condiciones de vacío, haciendo que ambas etapas de conversión, es decir la termoiónica y la termoelectrica, puedan convertir eficientemente la energía térmica directamente en energía eléctrica, sin piezas móviles, de manera compacta, fiable y fácil de controlar.

La presente invención se describirá ahora, a modo de ilustración y no a modo de limitación, según sus realizaciones preferidas, haciendo referencia particular a las figuras de los dibujos adjuntos, en los que:

40 la figura 1 muestra una representación esquemática (figura 1a) y el perfil de temperatura relacionado (figura 1b) de una primera realización preferida del dispositivo convertidor según la invención;

45 la figura 2 muestra una vista en perspectiva frontal (figura 2a) y una vista en perspectiva trasera (figura 2b) de una segunda realización preferida del dispositivo convertidor según la invención;

la figura 3 muestra una vista en perspectiva frontal en despiece ordenado del dispositivo convertidor de la figura 2;

50 la figura 4 muestra una vista en perspectiva trasera en despiece ordenado del dispositivo convertidor de la figura 2; y

la figura 5 muestra una vista en perspectiva (figura 5a) y una vista en planta (figura 5b) de un componente de una tercera realización preferida del dispositivo convertidor según la invención.

En las figuras, se usarán números de referencia idénticos para elementos similares.

55 En lo que sigue de la presente descripción se proporcionan algunos valores de presión, en lugar de en la unidad de medida del Sistema Internacional (es decir, Pascal), en las unidades de la barra de medición (1 bar = 10⁵ Pascal), milibar (1 mbar = 100 Pascal) y torr (1 torr = 133,3223684 Pascal).

60 Con referencia a la figura 1a, puede observarse que la realización preferida del dispositivo convertidor según la invención comprende un absorbente 1 de radiación solar (u otra radiación electromagnética), que transforma la energía de la radiación solar en energía térmica, que tiene una superficie 10 exterior expuesta a la radiación solar y una superficie interior acoplada de manera solidaria con un emisor 2 termoiónico (o cátodo), separado por un espacio 3
65 entre electrodos de un colector 5 termoiónico (o ánodo) a través de espaciadores 4 térmica y eléctricamente aislantes. La distancia entre el emisor 2 termoiónico y el colector 5 en el espacio 3 entre electrodos es más corto que 1 mm y preferiblemente más corto que 10 µm; los espaciadores 4 no son una característica esencial de la invención, sino que

son opcionales. El colector 5 termoiónico está acoplado de manera solidaria con una primera capa 6 térmicamente conductora y eléctricamente aislante, acoplada de manera solidaria a su vez con una pluralidad de elementos 7 termoelectricos dotados de pistas 70 de interconexión; en particular, los elementos 7 termoelectricos son preferiblemente elementos semiconductores (mostrados esquemáticamente en la figura 1a a través de pares de elementos dopados de tipo p y tipo n), o, alternativamente o en combinación con los elementos semiconductores, pares de elementos que se componen de metales con diferente función de trabajo. La pluralidad de elementos 7 termoelectricos están acoplados de manera solidaria a su vez con una segunda capa 8 térmicamente conductora y eléctricamente aislante, acoplada de manera solidaria a su vez con un disipador 9 de calor, que puede ser o bien pasivo o bien activo y que, en la configuración activa (mostrada en la figura 1a), está dotado de una entrada 90 y una salida 91 para el líquido refrigerante. En particular, la primera capa 6 y la segunda capa 8 funcionan, respectivamente, como lado caliente y lado frío del módulo convertidor termoelectrico. Con referencia a la figura 1b, el absorbente 1 funciona a una temperatura T_R , que oscila entre 600°C y 1100°C, preferiblemente entre 800°C y 1000°C, y el emisor 2 termoiónico funciona a una temperatura T_E próxima a T_R ($T_E \cong T_R$); el colector 5 termoiónico y la primera capa 6 funcionan a una temperatura T_C mucho menor que T_E ($T_C \ll T_E$), que oscila preferiblemente entre el 25% y el 65% de T_E , que oscila más preferiblemente entre 250°C y 500°C. En la figura 1, las cargas eléctricas suministradas por el módulo termoiónico y por el módulo termoelectrico, respectivamente, se muestran esquemáticamente por los bloques 30 y 75.

El absorbente 1, el emisor 2 termoiónico, los posibles espaciadores 4, el colector 5 termoiónico, la primera capa 6, los elementos 7 termoelectricos y la segunda capa 8 están alojados en una carcasa 15 que garantiza condiciones de vacío, preferiblemente de tal manera que la presión en el interior de la carcasa 15 sea menor de 10^{-5} mbar; la carcasa 15 de alojamiento comprende una ventana transparente (no mostrada en la figura 1) que transmite ópticamente la radiación solar concentrada hacia la superficie 10 exterior del absorbente 1. En la figura 1a, el disipador 9 también se representa como alojado dentro de la carcasa 15; sin embargo, el disipador 9 también puede colocarse en el exterior de la carcasa 15 y en contacto con esta última (tal como se muestra para la realización de la figura 2 del dispositivo convertidor según la invención).

El absorbente 1 se realiza mediante técnicas de sinterización a alta temperatura, mientras que el emisor 2 termoiónico se realiza mediante procedimientos de microfabricación que son típicos para dispositivos semiconductores. Además, los posibles espaciadores 4 y el colector 5 termoiónico, así como el posible módulo termoelectrico (que comprende la primera capa 6, los elementos 7 termoelectricos y la segunda capa 8) también se realizan preferiblemente a través de procedimientos de microfabricación típicos para dispositivos de semiconductores.

Valores de T_R que oscilan entre 600°C y 1100°C, preferiblemente entre 800°C y 1000°C, son suficientes para suministrar adecuadamente energía térmica para la emisión de electrones desde el emisor 2; para ello, el emisor 2 tiene una alta conductividad térmica para alcanzar una temperatura T_E lo más próxima posible a la del absorbente 1 ($T_R \cong T_E$) y, por tanto, para minimizar las posibles pérdidas térmicas. El colector 5 no está acoplado directamente al emisor 2, mediante lo cual el perfil de temperatura mostraría, de manera ideal, una discontinuidad hasta el valor de T_C que estaría determinado simplemente por la absorción de la radiación de cuerpo negro emitida por el conjunto absorbente 1-emisor 2; en realidad, el emisor 2 y el colector 5 están separados por espaciadores 4 acoplados a ellos que, aunque se componen de material con baja conductividad térmica, aumentan T_C con respecto al caso ideal y que hacen que el perfil de temperatura sea lineal tal como se muestra en la figura 1b. Preferiblemente, T_C oscila entre 250°C y 500°C, mediante lo cual la diferencia de temperatura con respecto a T_E puede optimizar el funcionamiento de las dos etapas termoiónica y termoelectrica.

La primera capa 6 es térmicamente conductora, de modo que su temperatura es lo más próxima posible a T_C , y eléctricamente aislante, para evitar dispersiones de la corriente de salida del módulo termoiónico (es decir, dispersiones de corriente del colector 5 termoiónico) y desde las pistas 70 de interconexión de los pares 7 termoelectricos en contacto con la primera capa 6. La pluralidad de elementos 7 termoelectricos comprende preferiblemente pares termoelectricos de elementos semiconductores con dopado de tipo p y tipo n, que funcionan como materiales activos del módulo termoelectrico, conectados eléctricamente en serie entre sí, que funcionan entre una temperatura T_{TE-H} de la primera capa 6 (lado caliente) y una temperatura T_{TE-C} de la segunda capa 8 (lado frío). En particular, T_{TE-H} es lo más próxima posible a T_C , mientras que T_{TE-C} se determina controlando la temperatura máxima T_{Amb} del aparato de eliminación de calor formado por el disipador 9 de calor, preferiblemente refrigerado por líquido. Al usar un disipador 9 de calor suficientemente eficiente, T_{Amb} es próxima a T_{TE-C} ; preferiblemente, T_{Amb} oscila entre 0°C y 90°C, más preferiblemente T_{Amb} oscila entre 30°C y 90°C dependiendo de la aplicación específica del dispositivo convertidor según la invención, en el que la salida eléctrica del mismo dispositivo puede maximizarse (mediante lo cual T_{Amb} es lo más próxima posible a la temperatura ambiente o incluso puede llevarse, a través del consumo de energía, a una temperatura ligeramente mayor que la de congelación del líquido refrigerante) o la capacidad de cogeneración se combina a la misma (mediante lo cual T_{Amb} es alta para permitir que se aproveche la energía térmica residual) o encontrando una solución intermedia que optimice cada salida (es decir, tanto la salida termoiónica y termoelectrica como la salida térmica, mediante lo cual T_{Amb} tiene un valor intermedio).

El material del absorbente 1 tiene, en primer lugar, una absorbancia en el espectro de radiación solar (en cuanto a porcentaje de energía de radiación absorbida con respecto a la incidente) tan alta como sea posible para aumentar la eficiencia de conversión de radiación concentrada en energía térmica; de hecho, cuanto mayor es la absorbancia del

material del absorbente 1, mayor es la capacidad del absorbente 1 de atrapar la luz concentrada en el mismo y, por consiguiente, mayor es la temperatura de funcionamiento obtenida con el mismo flujo de radiación. Además, el material del absorbente 1 tiene preferiblemente una emisión de radiación de cuerpo negro tan baja como sea posible para minimizar las pérdidas de energía y evitar el calentamiento de los elementos circundantes. Además, tal material tiene un punto de fusión que es mayor, ventajosamente mucho mayor, que las temperaturas de funcionamiento (que oscilan entre 600°C y 100°C, preferiblemente entre 800°C y 1000°C) del dispositivo convertidor según la invención. Además, el material del absorbente 1 tiene preferiblemente resistencia mecánica a altas temperaturas. Además, tal material tiene ventajosamente una resistencia a la tensión térmica (o choque térmico) tan alta como sea posible para poder manejar variaciones críticas de las temperaturas de funcionamiento (por ejemplo, provocadas por variaciones repentinas en las condiciones meteorológicas o errores en el seguimiento del sol por la óptica de concentración). Además, el material del absorbente 1 tiene preferiblemente una resistividad eléctrica tan baja como sea posible para proporcionar al emisor 2 termoiónico un relleno suficiente de electrones. Finalmente, tal material tiene ventajosamente un coeficiente de dilatación térmica y una estructura reticular compatible con los del material del emisor 2 termoiónico.

El material del absorbente 1 del dispositivo convertidor según la invención se selecciona entre materiales cerámicos (que tienen una alta estabilidad térmica y mecánica a las temperaturas de funcionamiento del dispositivo convertidor según la invención), tal como se define en las reivindicaciones 1 y 2.

En los materiales a base de carburo de hafnio y en los materiales a base de carburo de silicio, el siliciuro de molibdeno tiene el papel de estabilizar la estructura y reducir las tensiones mecánicas y las deformaciones internas. Sin embargo, el siliciuro de molibdeno también provoca una disminución de la capacidad de absorción de radiación solar. La realización de una estructura de superficie periódica submicrométrica (conocida como texturización) en la superficie 10 exterior del absorbente 1 compensa tal disminución de absorbancia con una mayor capacidad de atrapamiento de luz.

Tal como se indicó, la superficie 10 exterior del absorbente 1 está dotada de una estructura de superficie periódica submicrométrica, preferiblemente realizada a través de láser de femtosegundo, para aumentar la absorbancia del absorbente 1 en un amplio intervalo de longitudes de onda, principalmente en las regiones del visible (con longitudes de onda que oscilan entre 380 y 750 nanómetros) y el infrarrojo cercano (con longitudes de onda que oscilan entre 750 nanómetros y 1,4 micrómetros). El tratamiento a través de láser de femtosegundo puede llevarse a cabo haciendo que el rayo láser incida directamente sobre la superficie del material que va a tratarse (es decir, la superficie 10 exterior del absorbente 1) en condiciones de alto vacío, al aire o en atmósfera reactiva con los siguientes parámetros (que, sin embargo, deben considerarse no esenciales para la invención sino simplemente ilustrativos):

- longitud de onda de láser que oscila entre 200 y 1000 nanómetros, preferiblemente entre 550 y 800 nanómetros, todavía más preferiblemente es igual a 800 nm;
- duración de pulso de láser individual que oscila entre 10 y 100 femtosegundos;
- incidencia del rayo láser con un ángulo con respecto a la normal a la superficie que va a tratarse (es decir, la superficie 10 exterior del absorbente 1) que oscila entre 0° y 60°, preferiblemente con incidencia ortogonal a la superficie que va a tratarse, es decir, con un ángulo con respecto a la normal a la superficie que va a tratarse igual a 0°;
- energía de pulso de láser que varía dentro del intervalo de 0,01 - 5,00 mJ/pulso, preferiblemente dentro del intervalo de 0,2 - 2,0 mJ/pulso;
- enfoque puntual que tiene un diámetro que oscila entre 5 µm y 1 mm, que oscila preferiblemente entre 100 µm y 0,5 mm;
- velocidad de la placa de traslación sobre la que el material a tratar con el rayo láser que varía dentro del intervalo de 0,01 - 100,00 cm/s, preferiblemente dentro del intervalo de 0,2 - 3,0 cm/s.

Durante el tratamiento, la longitud de onda del láser se mantiene preferiblemente constante.

Tal tratamiento induce un aumento significativo de la eficiencia de absorción del absorbente 1, reduciendo las diferencias de absorbancia de los diferentes materiales de los que puede componerse el absorbente 1; en particular, el valor de la absorbancia de radiación solar del absorbente 1 que tiene la superficie 10 tratada tal como se indicó anteriormente alcanza valores mayores del 90%. De hecho, la superficie 10, dotada de la estructura de superficie periódica submicrométrica (que, con los parámetros de ejemplo mencionados anteriormente del láser de femtosegundo, se compone de líneas espaciadas entre sí por aproximadamente 800 nm, es decir, la longitud de onda del láser), actúa como rejilla de difracción que permite atrapar la radiación que incide en la superficie 10 del absorbente 1.

Para mejorar las características de emisión térmica del absorbente 1, las pérdidas térmicas de este último pueden reducirse drásticamente, si no se eliminan por completo, depositando una capa delgada de metal refractario sobre las

paredes laterales del absorbente (es decir, sobre las superficies diferentes de la superficie 10 exterior y de la superficie interior) y/o depositando una capa muy delgada de material reflectante de infrarrojos sobre la superficie interior de la carcasa 15 de alojamiento del dispositivo convertidor.

El absorbente 1 tiene preferiblemente una conformación de disco. A modo de ejemplo y no a modo de limitación, el absorbente 1, que tiene conformación de disco, puede tener un diámetro que oscila entre 30 mm y 50 mm y un grosor que oscila entre 3 mm y 10 mm. A este respecto, la distribución de flujo de radiación para cualquier material del que se componga el absorbente 1 se absorbe casi por completo en las primeras capas de este último (en correspondencia con la superficie 10 exterior). Esto implica que el grosor del absorbente 1 no afecta a la eficiencia de absorción y el grosor más apropiado es el menor técnicamente factible (por ejemplo, 3 mm), que es suficiente para atenuar los posibles puntos calientes de la radiación concentrada y maximizar la conducción térmica en todo el cuerpo del material hacia el emisor 2 termoiónico.

La conformación de disco del absorbente 1 tiene las ventajas de escalabilidad, simplicidad de fabricación y capacidad de tratarse en superficie fácilmente en la superficie 10 exterior y de permitir la deposición del material del emisor 2 termoiónico sobre la superficie interior.

De hecho, el emisor 2 termoiónico se realiza directamente en la superficie interior del absorbente 1, en particular a través de una deposición que permite una integración monolítica de la etapa termoiónica en el absorbente 1. Dicho de otro modo, el material del emisor 2 termoiónico forma enlaces físicos estables con el material del absorbente 1.

El material del emisor 2 termoiónico se selecciona entre:

- diamante en película delgada depositado a través de deposición química en fase de vapor, también conocida como CVD, de grosor menor de 25 μm , preferiblemente menor de 10 μm , más preferiblemente menor de 5 μm , todavía más preferiblemente menor de 1 μm ;
- materiales cerámicos para aplicaciones a alta temperatura que comprenden nitrato de titanio (TiN), siliciuro de molibdeno, materiales a base de carburos (tales como carburo de hafnio, carburo de titanio - TiC -, carburo de zirconio - ZrC - y carburo de wolframio - WC) y materiales a base de boruros (tales como boruro de titanio - TiB_2 - y boruro de zirconio - ZrB_2); posiblemente, tales materiales cerámicos pueden comprender aditivos, tales como óxido de aluminio y/u óxido de itrio, y/o fases metálicas que consisten en partículas intermetálicas o metal fino;
- otros materiales conocidos por su capacidad de emisión de electrones a temperaturas (mayores de 1300°C) mayores que las de funcionamiento del convertidor según la invención, tales como boruro de lantano (LaB_6) y metales refractarios tales como molibdeno y wolframio; para el uso en el dispositivo convertidor según la invención, la temperatura de emisión de tales materiales se reduce depositando tales materiales en forma de película delgada (con un grosor no mayor de 1 micrómetro, preferiblemente no mayor de 800 nanómetros, más preferiblemente no mayor de 700 nanómetros, todavía más preferiblemente no mayor de 600 nanómetros, incluso más preferiblemente no mayor de 500 nanómetros, incluso todavía más preferiblemente no mayor de 400 nanómetros) a través de deposición física en fase de vapor, también conocida como PVD, y/o induciendo nanoestructuración durante el procedimiento de crecimiento de la película y/o por medio de tratamiento posterior a través de láser de femtosegundo y/o plasma reactivo.

En particular, el diamante de CVD es el material preferido para el emisor 2 termoiónico, ya que garantiza una conductividad térmica muy alta (1000-2000 $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$), tiene una baja energía de función de trabajo provocada por la afinidad negativa de los electrones, que puede inducir una excelente capacidad de emitir electrones térmicamente incluso a temperaturas no demasiado altas, es decir, a 600°C. Además, el diamante de CVD tiene la ventaja tecnológica de que puede depositarse sobre grandes superficies (por ejemplo, sobre una oblea de 10 pulgadas, donde 1 pulgada = 2,54 cm) y propiedades físicas que pueden adaptarse en función de la aplicación específica variando los parámetros de deposición. En este sentido, su función de trabajo puede personalizarse actuando sobre:

- una terminación química de superficie térmicamente estable apropiada, por ejemplo por medio de procedimientos de terminación de superficie con hidrógeno monoatómico y/o deposiciones de zirconio y/o cesio;
- un dopado de tipo n con nitrógeno durante el procedimiento de deposición.

Tal como se indicó, el material del emisor 2 termoiónico se deposita directamente sobre la superficie interior del absorbente 1; la realización preferida del dispositivo convertidor según la invención usa para tal material el diamante de CVD que se deposita a través de una de dos posibles técnicas: CVD de microondas y CVD de filamento caliente. En particular, en la técnica de CVD de microondas, es posible depositar películas de diamante con dopado de tipo n con una concentración de dopante mayor que la que puede obtenerse a través de la técnica de CVD de filamento caliente. El dopado de tipo n, que se obtiene al introducir un gas de nitrógeno extremadamente puro en la atmósfera del reactor de CVD, permite mejorar la emisión termoiónica del diamante, puesto que induce un cambio del nivel de

Fermi más próximo a la banda de conducción del material, mediante lo cual se reduce la barrera de energía para liberar electrones en movimiento. Las técnicas de CVD de microondas y de filamento caliente usan los mismos parámetros termodinámicos, a saber, metano e hidrógeno como gases precursores, una temperatura del sustrato de desde 600°C hasta 900°C, preferiblemente desde 700°C hasta 800°C, y una presión de gas de desde 5 hasta 100 Torr, preferiblemente desde 15 hasta 40 Torr; las dos técnicas difieren sólo en el método de activación de los gases precursores. En particular, la razón de gas precursor de metano con respecto a hidrógeno determina la calidad estructural de los granos de diamante en la película que se hace crecer; dicha razón puede oscilar entre el 0,05% y el 5%, y preferiblemente es igual al 1%.

La estabilidad mecánica de las películas de diamante sobre un sustrato específico depende de la compatibilidad de su estructura reticular y su coeficiente de dilatación térmica con los del sustrato, es decir, del material del absorbente 1. En particular, la compatibilidad de las estructuras reticulares es responsable de la estabilidad de los enlaces químicos del diamante sobre el sustrato (es decir, de su adhesión), mientras que la compatibilidad de los coeficientes de dilatación térmica está relacionada con la estabilidad térmica a altas temperaturas y durante los ciclos térmicos. En particular, el diamante de CVD tiene generalmente una buena compatibilidad de la estructura reticular con carburos y nitruros, y una menor compatibilidad con siliciuro.

La película de diamante de CVD del emisor 2 termoiónico depositada sobre el absorbente 1 tiene preferiblemente un grosor que oscila entre 0,1 y 15 μm , que oscila más preferiblemente entre 0,1 y 3 μm . En particular, cuanto mayor es la concentración de siliciuro de molibdeno en el material del absorbente 1, más tensiones mecánicas experimenta el diamante de CVD hecho crecer sobre el mismo, que sin embargo disminuyen si el material del absorbente 1 se basa en elementos que tienen una compatibilidad reticular completa con el diamante, tal como carburo de silicio y nitruro de aluminio.

Tal como se mencionó anteriormente, la superficie del diamante se somete a un tratamiento que estabiliza su terminación química de superficie, por ejemplo obteniendo una terminación con hidrógeno, que induce una disminución de la afinidad electrónica hasta valores negativos, mediante lo cual los electrones en movimiento libres que se sitúan cerca de la superficie experimentan una barrera de energía muy baja (o incluso nula) para escapar hacia el vacío, mejorando de ese modo la emisión de electrones. La terminación con hidrógeno se obtiene exponiendo las películas de diamante de CVD a plasma de hidrógeno en condiciones de procedimiento tales como para permitir que una capa monoatómica de hidrógeno se "adhiera" sobre la superficie del diamante.

Una primera alternativa ventajosa al diamante de CVD como material del emisor 2 termoiónico es el hexaboruro de lantano (LaB_6) nanoestructurado, realizado en películas delgadas a través de deposición por láser pulsado, también conocida como PLD (deposición por láser pulsado), y/o a través de una técnica de pulverización catódica por radiofrecuencia (pulverización catódica por RF), con grosores que oscilan preferiblemente entre 200 nanómetros y 800 nm, más preferiblemente iguales a 500 nanómetros, lo que permite que la adhesión de la película al absorbente 1 sea menos crítica. La deposición mediante pulverización catódica por RF y/o PLD se realiza preferiblemente partiendo de un objetivo de hexaboruro de lantano con una pureza del 99,9995% en muestras cerámicas y de molibdeno y/o wolframio.

Una segunda alternativa ventajosa al diamante de CVD como material del emisor 2 termoiónico es un material a base de carburo de hafnio, todavía realizado en películas delgadas con grosores similares (menores de 500 nanómetros). Cuando el absorbente 1 también es de carburo de hafnio, esto permite tener un único material con la ventaja de eliminar todos los problemas citados anteriormente, por ejemplo en relación con la estabilidad térmica y la compatibilidad de la estructura reticular.

El material del colector 5 termoiónico se selecciona en función del material del emisor 2 termoiónico, para hacer que sus funciones de trabajo coincidan adecuadamente. A este respecto, los materiales más versátiles son el molibdeno o el wolframio, preferiblemente recubiertos con cesio, cuya función de trabajo puede personalizarse variando el porcentaje de cesio presente en la superficie de molibdeno o wolframio.

El módulo termoeléctrico del dispositivo convertidor según la invención comprende la primera capa 6 (lado caliente), la pluralidad de elementos 7 termoeléctricos y la segunda capa 8 (lado frío). Las capas 6 y 8 primera y segunda son térmicamente conductoras y eléctricamente aislantes para evitar dispersiones eléctricas y pérdidas térmicas en los extremos del módulo termoeléctrico. Estas capas se componen ventajosamente de materiales cerámicos, tales como por ejemplo diamante de CVD intrínseco o nitruro de aluminio depositado a través de serigrafía o recubrimiento geopolimérico (que no necesita altas temperaturas para consolidar el recubrimiento). La pluralidad de elementos 7 termoeléctricos puede componerse de:

- un material a base de telururo de bismuto (Bi_2Te_3) y telururo de antimonio (Sb_2Te_3), para una generación de energía a pequeña escala desde temperatura ambiente hasta aproximadamente 250°C;
- un material a base de telururo de plomo (PbTe) para aplicaciones a temperaturas de funcionamiento dentro del intervalo de 230°C-530°C;

- un material a base de aleación de silicio-germanio (SiGe) para aplicaciones a temperaturas de funcionamiento mayores de 530°C.

El material de los elementos 7 termoelectricos también puede seleccionarse del grupo de materiales que comprenden materiales a base de titanato y lantanato de bario y estroncio dopado, materiales a base de boruros y carburos electroconductores depositados mediante PVD, materiales a base de carburo de silicio y carburo de silicio-silicio, materiales a base de carburo de boro-boruro de titanio (B_4C-TiB_2) y materiales compuestos metal-cerámica.

En la realización preferida del dispositivo convertidor según la invención, el material de los elementos 7 termoelectricos es telururo de plomo depositado en una película delgada a temperaturas mayores de 300°C y menores de 700°C, que oscilan preferiblemente entre 400°C y 550°C a través de la técnica de PLD y/o a través de pulverización catódica por RF y dopándose mediante dopado de tipo n a través de una posterior deposición de telururo de antimonio y dopándose mediante dopado de tipo p a través de una deposición de plata. La técnica de deposición mediante pulverización catódica por RF y/o PLD puede inducir una nanoestructuración de la película depositada que obstaculiza la conductividad térmica del material manteniendo su conductividad eléctrica constante, mediante lo cual se mejora el coeficiente de Seebeck del material. A modo de ejemplo, la deposición mediante pulverización catódica por RF y/o PLD puede basarse en una etapa prolongada de deposición de telururo de plomo partiendo de la ablación de un objetivo de telururo monocristalino o policristalino con una pureza del 99,995%, y una breve ablación posterior a) de un objetivo de telururo de antimonio con una pureza del 99,995% para introducir átomos de antimonio en la película de telururo de plomo y obtener un dopado de tipo n (los átomos de antimonio tienen la difusividad apropiada para dopar la película de telururo de plomo); b) de un objetivo de plata con una pureza del 99,995% y obtener un dopado de tipo p. Para obtener la secuencia de elementos termoelectricos de tipo p y tipo n y definir espacialmente la estructura del dispositivo (es decir, "formación de patrones"), se usan técnicas fotolitográficas combinadas con técnicas de disolución química, tal como se conoce en procedimientos de fabricación de microelectrónica.

A este respecto, el innovador módulo termoelectrico realizado con los elementos 7 termoelectricos de telururo de plomo depositado en película delgada a través de técnicas de pulverización catódica por RF y/o PLD, tal como acaba de describirse, también puede usarse independientemente del módulo termoiónico, es decir, para realizar un dispositivo convertidor simplemente termoelectrico.

El líquido refrigerante en el disipador 9 de calor es preferiblemente una disolución de agua desionizada y etilenglicol, preferiblemente en una proporción del 50%-50%, para evitar la formación de residuos sólidos, dispersiones eléctricas y reacciones químicas impulsadas por la temperatura. Alternativamente, el líquido refrigerante puede comprender agua desmineralizada.

Otras realizaciones del dispositivo convertidor según la invención pueden comprender, en lugar del disipador 9 de calor, un intercambiador de calor simple que está dimensionado apropiadamente.

Las figuras 2-4 muestran una implementación de una segunda realización preferida del dispositivo convertidor según la invención, que comprende como carcasa una brida DN63CF (según la brida convencional ConFlat®, también conocida como brida convencional CF) de acero inoxidable modificada tal como se describe a continuación, indicada con el número de referencia 100, gracias a lo cual el dispositivo es compacto y versátil, minimizando así las pérdidas ópticas con una distancia mínima que oscila entre 1,0 y 10,0 mm, preferiblemente igual a 5,0 mm, entre la ventana 101 y el conjunto 102 monolítico del absorbente y el emisor termoiónico y, por tanto, reduce en gran medida el tamaño del dispositivo.

La ventana 101 transparente puede ser una lente de cuarzo UV (sílice fundida de grado UV) y/o vidrio y/o Pyrex de grosor que oscila entre 1,00 mm y 10,00 mm, preferiblemente igual a 5,00 mm, y de diámetro que oscila entre 35,0 mm y 100,00 mm, preferiblemente igual a 50,0 mm. Una junta 103 tórica de Viton (posiblemente reemplazada o combinada con al menos un sello de cobre y/o aluminio) se coloca bajo la ventana 101 para garantizar la estanqueidad a vacío dentro de la brida 100.

Un disipador 900 de calor comprende dos componentes de cobre separados soldados entre sí para formar una cavidad en la que fluye un líquido refrigerante para extraer calor de la ventana 101 y de la parte frontal del dispositivo. Alternativamente, el disipador 900 de calor puede comprender un único componente de cobre o aluminio dotado de dos juntas tóricas (externas a la junta 103 tórica de la ventana 101 transparente) para delimitar una cavidad en la que fluye el líquido refrigerante. Las conexiones 909 de entrada y de salida para el líquido se realizan preferiblemente con conectores VCR® convencionales (disponibles de la empresa Swagelok). La presencia del disipador 900 es necesaria para controlar el aumento de temperatura de la ventana 101 y en caso de un enfoque no óptimo de la radiación concentrada. El disipador 900 está conformado para maximizar la incidencia de radiación solar sobre el absorbente: el orificio pasante que permite la iluminación está conformado como un tronco de cono, teniendo las paredes interiores una inclinación con respecto al eje vertical del cono igual al ángulo de inclinación del haz de radiación concentrado, que preferiblemente es igual a 45°.

La brida 100 tiene un grosor de 24,0 mm y está conformada para alojar el absorbente y los módulos termoiónico y termoelectrico. En la parte trasera, la brida 100 comprende tres (o, alternativamente, cuatro) orificios 104 roscados

equiespaciados angularmente en los que se insertan tornillos 105 correspondientes para fijar mecánicamente la parte activa del dispositivo (es decir, el absorbente y el módulo termoiónico y termoelectrico) a la brida 100. En la parte frontal, la brida 100 comprende seis orificios 106 roscados equiespaciados angularmente correspondientes al mismo número de orificios 906 pasantes realizados en el disipador 900, en el que se insertan tornillos 107 correspondientes para fijar mecánicamente el disipador 900 a la brida 100. Los otros ocho orificios 960 pasantes, correspondientes al mismo número de orificios 1060 pasantes obtenidos en la brida 100, tienen la función de anclar todo el sistema sobre un posible soporte por medio de tornillos pasantes no mostrados en las figuras 2-4.

La brida 100 está dotada de un alojamiento para una junta 111L de estanqueidad de cobre o aluminio que soporta el módulo de conversión acoplado a un disco 111U de aluminio (o alternativamente de cobre) dotado de dos conectores 119 VCR® convencionales para el circuito hidráulico externo del líquido refrigerante.

Un casquillo 108 de molibdeno conformado apropiadamente constituye el alojamiento del conjunto absorbente-emisor 102 termoiónico. El molibdeno garantiza un buen contacto térmico y eléctrico con el absorbente y una salida eléctrica termoiónica está conectada a la carga eléctrica (que, aunque no se muestra en las figuras 2-4, es similar a la indicada en la figura 1a con el número de referencia 30) por medio de cuatro tornillos 109 de molibdeno que están equiespaciados angular y eléctricamente en paralelo. Esta configuración ofrece una gran versatilidad para diferentes condiciones de funcionamiento del dispositivo, puesto que es posible elegir el número de tornillos 109 para conectarlo eléctricamente a la carga con el fin de optimizar las pérdidas térmicas del absorbente (en combinación con las tapas 110 de cerámica térmicamente aislantes descritas a continuación). Además, esta configuración hace que el dispositivo sea compacto y robusto, puesto que la integración de la parte activa del dispositivo con la junta 111L-111U de estanqueidad de cobre de soporte es muy sólida. Geométricamente, la conformación del casquillo 108 tiene cuatro alas huecas que tienen la función de mantener condiciones de vacío óptimas para el módulo termoiónico.

Tal como se indicó anteriormente, el absorbente tiene una conformación de disco con un grosor de 3,0 mm y un diámetro de 35,0 mm en cuya superficie interior se deposita una capa delgada de diamante de CVD de pocos micrómetros de grosor, formando así un conjunto 102 monolítico.

Un espaciador 112, que se compone de material térmicamente refractario y eléctricamente aislante (tal como zircona o alúmina o vidrio cerámico MACOR®) mantiene el emisor termoiónico del conjunto 102 y el colector 5 termoiónico separados por la distancia mínima posible, preferiblemente menor de 100 micrómetros. Además, el espaciador 112 tiene tres (o cuatro) alas huecas para mantener condiciones de vacío óptimas dentro del espacio 3 entre electrodos.

El colector 5 termoiónico es un disco de molibdeno de 4,0 mm de grosor, que puede obtener una disipación de calor apropiada a altas temperaturas para ofrecer al módulo termoelectrico una gama más amplia de protección. Las superficies del colector 5 están revestidas preferiblemente con polvo de diamante para obtener una mayor reflectancia a la radiación de cuerpo negro que proviene del conjunto absorbente-emisor 102 termoiónico y, por consiguiente, para reducir su temperatura de trabajo, además de maximizar la conducción térmica hacia el lado caliente del módulo termoelectrico. El disco del colector 5 termoiónico comprende un pasador 500 que sobresale radialmente que está dotado de un orificio pasante para conectar eléctricamente el colector 5 a su carga eléctrica. La conexión eléctrica se realiza a través de un perno 113 de cobre que cruza la junta 111L-111U de estanqueidad a través de un eje 114 hueco de nitruro de boro o vidrio cerámico MACOR® (si es necesario un alto aislamiento térmico).

El módulo 115 termoelectrico tiene una conformación de paralelepípedo (aunque alternativamente también puede tener una conformación cilíndrica), con una base cuadrada de tamaño de lado 40x40 mm² y un grosor que oscila entre 3,0 mm y 6,5 mm. La variación de grosor puede compensarse usando espaciadores metálicos con tornillos de diferente longitud (no mostrados) dentro del intervalo de 3,0-5,5 mm para mantener constante la distancia entre la ventana 101 y el absorbente del conjunto 102.

Tal como se indicó, la junta de estanqueidad de cobre de soporte comprende una parte 111L inferior y una parte 111U superior que se sueldan entre sí para formar una cavidad interna en la que fluye un líquido refrigerante, implementando así el disipador 9 de calor mostrado esquemáticamente en la figura 1, para controlar termostáticamente el lado frío del módulo 115 termoelectrico a la temperatura máxima de eliminación de calor. Alternativamente, las partes 111L y 111U pueden acoplarse a través de dos juntas tóricas de Viton que definen la cavidad interna en la que fluye el líquido refrigerante.

En particular, la parte 111L inferior de la junta de estanqueidad de cobre de soporte está dotada de una muesca central cuadrada (de 1 mm de profundidad) para alojar el módulo 115 termoelectrico y para favorecer la conducción de calor desde el lado frío de este último. La parte 111L inferior de la junta está dotada de tres orificios 116 pasantes (visibles en la figura 5, que se refieren a una junta de estanqueidad de cobre de soporte de una tercera realización del dispositivo según la invención que, sin embargo, también comprende tales orificios 116) para las conexiones eléctricas, dos de las cuales están destinadas al módulo 115 termoelectrico y que conectan el mismo a la carga eléctrica (que, aunque no se muestra en las figuras 2-4, es similar a la indicada en la figura 1a con el número de referencia 75) y una para el perno 113 del colector 5 termoiónico. Asimismo, la parte 111L inferior de la junta está dotada además de cuatro orificios 117 que están blindados eléctricamente para las salidas del módulo termoiónico que provienen del casquillo 108 (con la función de conexión eléctrica y fijación de la parte interna del módulo termoiónico), y tres (o, alternativamente,

cuatro) orificios 118 equiespaciados para asegurar los tornillos (con la función de bloquear la parte interna del dispositivo a la brida 100); en particular, la corta distancia entre la junta 111L-111U de estanqueidad y los orificios 104 roscados en la brida permite obtener una alta estabilidad mecánica. Todas las conexiones eléctricas que cruzan la junta 111L-111U de estanqueidad están aisladas eléctricamente por ejes 110 de cerámica (de los cuales en las figuras 3 y 4 sólo pueden observarse los que pasan por los orificios 117) de nitruro de boro, que es un material que permite la conducción térmica.

En el dispositivo de las figuras 2-4, la junta 103 tórica, la brida 100, el casquillo 112 y la junta 111L-111U de estanqueidad de cobre de soporte se sellan entre sí mediante soldadura fuerte u otras técnicas de sellado convencionales en condiciones de alto vacío o ultra alto vacío.

En la figura 5 se muestra una junta de estanqueidad de cobre de soporte de una tercera realización del dispositivo según la invención, en la que el dispositivo está dotado de un aparato de bombeo adicional y la junta está dotada de seis orificios 201 pasantes, preferiblemente rectangulares, que permiten la evacuación del aire extraído por tal aparato de bombeo. En la figura 5, también pueden verse mejor los otros orificios 116, 117, 118 pasantes y la muesca 120 (para alojar el módulo 115 termoelectrónico) presente también en la junta 111L-111U de estanqueidad de las figuras 2-4.

El dispositivo convertidor mostrado en las figuras 2-5 es compacto, tiene un volumen reducido para minimizar las pérdidas térmicas y ópticas y para reducir los efectos del efecto de pantalla óptica de la radiación solar no concentrada. Además, permite una fácil intercambiabilidad de los componentes (en particular del módulo 115 termoelectrónico), puesto que cada componente puede montarse y desmontarse fácilmente, favoreciendo así una estrategia de optimización continua del rendimiento del dispositivo convertidor según la invención. Todavía más, el dispositivo es completamente ajustable en escala en cuanto a tamaño con respecto al ilustrado con referencia a las figuras 2-5. Finalmente, el dispositivo convertidor es robusto mecánicamente, gracias a la técnica de fijación de los elementos activos (es decir, el conjunto absorbente-emisor 102 termoiónico, el colector 5 termoiónico y el módulo 115 termoelectrónico) a la brida 100.

Tal como se mencionó, el dispositivo convertidor según la invención puede usarse ventajosamente también en aplicaciones aeroespaciales. En este caso, el dispositivo convertidor según la invención puede funcionar con una eficiencia muy alta en condiciones de presión baja o casi nula que son típicas para las aplicaciones aeroespaciales, es decir, en entornos operativos fuera de la atmósfera terrestre, en los que la condición de vacío para el funcionamiento del módulo termoiónico y el módulo termoelectrónico es intrínseca a la misma aplicación; en particular, en una aplicación aeroespacial, incluso podría ser posible eliminar la presencia de una carcasa de alojamiento dotada de una ventana dentro de la que deben implementarse las condiciones de vacío (puesto que es suficiente sustancialmente el montaje en un soporte similar a la junta 111L-111U de estanqueidad mostrada en las figuras 2-4), simplificando así el montaje del dispositivo convertidor según la invención. Por consiguiente, la carcasa de alojamiento dotada de una ventana dentro de la que deben implementarse las condiciones de vacío no es una característica esencial para el dispositivo convertidor según la invención.

Se han descrito las realizaciones preferidas de esta invención y se han sugerido una serie de variaciones anteriormente en el presente documento, pero debe entenderse que los expertos en la técnica pueden realizar otras variaciones y cambios, sin apartarse así del alcance de protección de la misma, tal como se define mediante las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo convertidor para convertir energía de radiación electromagnética, en particular energía solar concentrada, en energía eléctrica, que comprende un emisor (2) termoiónico separado por un espacio (3) entre electrodos de un colector (5) termoiónico, estando dotados el emisor (2) termoiónico y el colector (5) termoiónico de medios (109, 110, 113, 114, 500) de conexión eléctrica configurados para poderse conectar a una primera carga (30) eléctrica externa para suministrar energía eléctrica, estando caracterizado el dispositivo convertidor porque comprende además un absorbente (1) de radiación electromagnética, configurado para transformar la energía de radiación electromagnética en energía térmica, que tiene una superficie (10) exterior configurada para exponerse a radiación electromagnética y una superficie interior acoplada de manera solidaria con el emisor (2) termoiónico, estando dotada la superficie (10) exterior de una estructura de superficie periódica submicrométrica, estando integrado el emisor (2) termoiónico de manera monolítica en dicha superficie interior del absorbente (1), componiéndose el absorbente (1) de un material seleccionado del grupo que comprende o consiste en:

- materiales cerámicos seleccionados del grupo que comprende o consiste en:

- material cerámico a base de carburo de hafnio (HfC) que comprende siliciuro de molibdeno (MoSi_2) en un porcentaje en volumen que oscila entre el 2% y el 40%,

- materiales cerámicos a base de carburo de silicio (SiC) que comprenden siliciuro de molibdeno en un porcentaje en volumen que oscila entre el 20% y el 40%,

- materiales cerámicos a base de nitruro de aluminio (AlN) que contienen aditivos y que contienen además un porcentaje en volumen de carburo de silicio que oscila entre el 5% y el 25% y un porcentaje en volumen de siliciuro de molibdeno que oscila entre el 20% y el 40%.

- material cerámico a base de carburo de tantalio (TaC) que comprende siliciuro de molibdeno (MoSi_2) en un porcentaje en volumen que oscila entre el 2% y el 40%,

componiéndose el emisor (2) termoiónico de un material seleccionado del grupo que comprende o consiste en:

- diamante en película delgada de grosor menor de 25 micrómetros depositado a través de deposición química en fase de vapor (CVD),

- diamante en película delgada de grosor menor de 25 micrómetros depositado a través de CVD que tiene un dopado de tipo n,

- diamante en película delgada de grosor menor de 25 micrómetros depositado a través de CVD que tiene terminación química de superficie con hidrógeno monoatómico y/o deposiciones de zirconio y/o cesio,

- diamante en película delgada de grosor menor de 25 micrómetros depositado a través de CVD que tiene un dopado de tipo n y que tiene terminación química de superficie con hidrógeno monoatómico y/o deposiciones de zirconio y/o cesio,

- materiales cerámicos en película delgada de grosor menor de 25 micrómetros seleccionados del grupo que comprende o consiste en:

- materiales cerámicos a base de nitruro de titanio (TiN),

- materiales cerámicos a base de siliciuro de molibdeno,

- materiales cerámicos a base de carburo,

- materiales cerámicos a base de boruro,

- metales refractarios en forma de película delgada con grosor no mayor de 1 micrómetro.

2. Dispositivo convertidor según la reivindicación 1, caracterizado porque el absorbente (1) se compone de un material cerámico seleccionado del grupo que comprende o consiste en:

material cerámico a base de carburo de hafnio (HfC) que tiene un porcentaje en volumen de siliciuro de molibdeno (MoSi_2) que oscila entre el 2% y el 30%, que oscila preferiblemente entre el 3% y el 20%, que oscila más preferiblemente entre el 4% y el 10%, todavía más preferiblemente es igual al 5%,

- 5 material cerámico a base de carburo de silicio (SiC) que contiene aditivos en un porcentaje en volumen menor del 20%, comprendiendo o consistiendo los aditivos en óxido de aluminio (Al_2O_3) y óxido de itrio (Y_2O_3), en los que el óxido de aluminio oscila preferiblemente entre el 3% y el 9% en volumen, más preferiblemente es igual al 6% en volumen, y en los que el óxido de itrio oscila preferiblemente entre el 1% y el 7% en volumen, más preferiblemente es igual al 4% en volumen, y en el que el siliciuro de molibdeno está presente con un porcentaje en volumen que oscila preferiblemente entre el 25% y el 35%, más preferiblemente es igual al 30%,
- 10 materiales cerámicos a base de nitrato de aluminio (AlN) que contienen aditivos que comprenden óxido de itrio con un porcentaje en peso que oscila entre el 1% y el 5%, que oscila preferiblemente entre el 1% y el 3%, más preferiblemente es igual al 2%, y que contiene además un porcentaje en volumen de carburo de silicio que oscila entre el 5% y el 25%, que oscila preferiblemente entre el 10% y el 20%, más preferiblemente es igual al 15%, y un porcentaje en volumen de siliciuro de molibdeno que oscila preferiblemente entre el 25% y el 35%, más preferiblemente es igual al 30%,
- 15 material cerámico a base de carburo de tantalio (TaC) que contiene aditivos, que comprenden preferiblemente óxido de aluminio y/u óxido de itrio, y
- 20 siliciuro de molibdeno con un porcentaje en volumen de siliciuro de molibdeno que oscila preferiblemente entre el 25% y el 35%, más preferiblemente es igual al 30%.
3. Dispositivo convertidor según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado porque el emisor (2) termoiónico se compone de un material seleccionado del grupo que comprende o consiste en:
- 25 - diamante en película delgada de grosor menor de 10 micrómetros, preferiblemente menor de 5 micrómetros, más preferiblemente menor de 1 micrómetro, depositado a través de CVD,
- 30 - diamante en película delgada de grosor menor de 25 micrómetros, preferiblemente menor de 10 micrómetros, más preferiblemente menor de 5 micrómetros, todavía más preferiblemente menor de 1 micrómetro, depositado a través de CVD que tiene un dopado de tipo n con nitrógeno,
- 35 - diamante en película delgada de grosor menor de 10 micrómetros, preferiblemente menor de 5 micrómetros, más preferiblemente menor de 1 micrómetro, depositado a través de CVD que tiene terminación química de superficie con hidrógeno monoatómico y/o deposiciones de zirconio y/o cesio,
- 40 - diamante en película delgada de grosor menor de 25 micrómetros, preferiblemente menor de 10 micrómetros, más preferiblemente menor de 5 micrómetros, todavía más preferiblemente menor de 1 micrómetro, depositado a través de CVD que tiene un dopado de tipo n con nitrógeno y terminación química de superficie con hidrógeno monoatómico y/o deposiciones de zirconio y/o cesio,
- 45 - materiales cerámicos en película delgada a base de carburo de titanio (TiC) y/o carburo de zirconio (ZrC) y/o carburo de wolframio (WC) y/o carburo de hafnio (HfC) de grosor menor de 25 micrómetros,
- 50 - materiales cerámicos en película delgada a base de boruro de titanio (TiB_2) y/o boruro de zirconio (ZrB_2) y/o hexaboruro de lantano (LaB_6) de grosor menor de 25 micrómetros,
- 55 - materiales cerámicos en película delgada de grosor menor de 10 micrómetros, preferiblemente menor de 5 micrómetros, más preferiblemente menor de 1 micrómetro, seleccionados del grupo que comprende o consiste en:
- 60 materiales cerámicos a base de nitrato de titanio (TiN),
- materiales cerámicos a base de siliciuro de molibdeno,
- 65 materiales cerámicos a base de carburo,
- materiales cerámicos a base de boruro,
- metales refractarios en forma de película delgada con grosor no mayor de 1 micrómetro, preferiblemente no mayor de 800 nanómetros, más preferiblemente no mayor de 700 nanómetros, todavía más preferiblemente no mayor de 600 nanómetros, incluso más preferiblemente no mayor de 500 nanómetros, incluso todavía más preferiblemente no mayor de 400 nanómetros, seleccionados del grupo que comprende o consiste en molibdeno y wolframio.
4. Dispositivo convertidor según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el emisor (2) termoiónico está separado del colector (5) termoiónico por una distancia menor de 1 mm,

- preferiblemente menor de 100 micrómetros, más preferiblemente menor de 10 micrómetros, estando separado preferiblemente el emisor (2) termoiónico del colector (5) termoiónico a través de uno o más espaciadores (4; 112) que se componen más preferiblemente de un material seleccionado del grupo que comprende o consiste en zircona, alúmina y vidrio cerámico que se compone aproximadamente del 55% de mica de tipo fluorlogopita y el 45% de vidrio de borosilicato, componiéndose preferiblemente el colector (5) termoiónico de un material seleccionado del grupo que comprende o consiste en molibdeno y wolframio, más preferiblemente recubierto con cesio.
5. Dispositivo convertidor según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el absorbente (1) se dota en una o más paredes laterales de una capa de metal refractario, teniendo preferiblemente el absorbente 1 una conformación de disco, teniendo más preferiblemente un diámetro que oscila entre 30 mm y 50 mm y un grosor que oscila entre 3 mm y 10 mm.
6. Dispositivo convertidor según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque comprende además una carcasa (15; 100) de alojamiento, en la que el absorbente (1), el emisor (2) termoiónico y el colector (5) termoiónico están alojados, estando dotada la carcasa (15; 100) de alojamiento de un orificio pasante cerrado mediante una ventana (101) configurada para transmitir radiación electromagnética que incide sobre la misma ventana a la superficie (10) exterior del absorbente (1), estando configurada la carcasa (15; 100) de alojamiento para mantener condiciones de vacío en su interior, preferiblemente de tal manera que la presión en el interior de la carcasa (15; 100) de alojamiento sea menor de 10^{-5} mbar, estando conformado dicho orificio pasante según un tronco de cono con paredes interiores que tienen una inclinación con respecto a un eje vertical del tronco de cono preferiblemente igual a 45° , comprendiendo además preferiblemente el dispositivo convertidor un aparato de bombeo conectado a través de medios (201) de conexión hidráulica a la carcasa (15; 100) de alojamiento, oscilando preferiblemente la distancia entre la ventana (101) y la superficie (10) exterior del absorbente (1) entre 1,0 mm y 10,0 mm, siendo más preferiblemente igual a 5,0 mm, comprendiendo además preferiblemente el dispositivo convertidor un disipador (900) de calor activo frontal que comprende al menos una cavidad dotada de medios (909) de conexión hidráulica configurados para recibir un flujo de un líquido refrigerante para extraer calor de la ventana (101), comprendiendo preferiblemente el líquido refrigerante una disolución de agua desionizada y etilenglicol, más preferiblemente en una proporción del 50%-50%, o agua desmineralizada, y recubriéndose preferiblemente una superficie interior de la carcasa (15; 100) de alojamiento con una capa de material reflectante de infrarrojos.
7. Dispositivo convertidor según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque comprende además un módulo (115) termoelectrico que comprende una primera capa (6) configurada para funcionar como lado caliente del módulo (115) termoelectrico, acoplándose la primera capa (6) de manera solidaria con una pluralidad de elementos (7) termoelectricos dotados de pistas (70) de interconexión, estando la pluralidad de elementos (7) termoelectricos acoplados a su vez de manera solidaria con una segunda capa (8) configurada para funcionar como lado frío del módulo (115) termoelectrico, acoplándose el colector (5) termoiónico de manera solidaria con la primera capa (6), estando dotado el módulo (115) termoelectrico de medios (116) de conexión eléctrica configurados para poderse conectar a una segunda carga (75) eléctrica externa para suministrar energía eléctrica a esta última, componiéndose preferiblemente la primera capa (6) y la segunda capa (8) de un material cerámico, más preferiblemente diamante depositado a través de CVD o nitrato de aluminio depositado a través de serigrafía o recubrimiento geopolimérico, seleccionándose preferiblemente los elementos (7) termoelectricos del grupo que comprende elementos semiconductores y pares de elementos que se componen de metales con diferente función de trabajo, componiéndose más preferiblemente los elementos (7) termoelectricos de un material seleccionado del grupo que comprende o consiste en:
- un material a base de telururo de bismuto (Bi_2Te_3) y telururo de antimonio (Sb_2Te_3),
 - un material a base de telururo de plomo (PbTe),
 - un material a base de aleación de silicio-germanio (SiGe),
 - un material a base de titanato y/o lantanato de bario y estroncio dopado,
 - un material a base de carburos y/o boruros,
 - un material a base de carburo de silicio y/o carburo de silicio-silicio,
 - un material a base de carburo de boro-boruro de titanio ($\text{B}_4\text{C-TiB}_2$),
 - un material compuesto metal-cerámica,
- componiéndose todavía más preferiblemente los elementos (7) termoelectricos de telururo de plomo en

película delgada y dopado de tipo n a través de telururo de antimonio y dopado de tipo p a través de plata.

8. Dispositivo convertidor según la reivindicación 7, caracterizado porque comprende además medios de disipador de calor posterior acoplados de manera solidaria con la segunda capa (8) del módulo (115) termoelectrónico y configurados para extraer calor de la segunda capa (8) del módulo (115) termoelectrónico, seleccionándose dicho medio de disipador de calor del grupo que consiste en:

- un disipador (9) de calor activo posterior que comprende al menos una cavidad dotada de medios (90, 91) de conexión hidráulica configurados para recibir un flujo de un líquido refrigerante para controlar termostáticamente la segunda capa (8) del módulo (115) termoelectrónico, comprendiendo preferiblemente el líquido refrigerante una disolución de agua desionizada y etilenglicol, más preferiblemente en una proporción del 50-50%, o agua desmineralizada,

- un intercambiador de calor pasivo.

9. Procedimiento de microfabricación de un dispositivo convertidor para convertir energía de radiación electromagnética, en particular energía solar concentrada, en energía eléctrica, caracterizado porque el dispositivo convertidor es el dispositivo convertidor según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, comprendiendo tal procedimiento las etapas de:

A. disponer del absorbente (1),

B. depositar sobre dicha superficie interior del absorbente (1) el material del que se compone el emisor (2) termoiónico, mediante lo cual al final de la etapa B el emisor (2) termoiónico se integra de manera monolítica en dicha superficie interior del absorbente (1),

C. realizar la estructura de superficie periódica submicrométrica mediante un tratamiento de la superficie (10) exterior del absorbente (1) a través de un láser de femtosegundo, mediante lo cual un rayo láser incide directamente sobre la superficie (10) exterior del absorbente (1).

10. Procedimiento según la reivindicación 9, caracterizado porque la etapa C se realiza con:

- longitud de onda de láser que oscila entre 200 y 1000 nanómetros, preferiblemente entre 550 y 800 nanómetros;

- duración de pulso de láser individual que oscila entre 10 y 100 femtosegundos;

- incidencia del rayo láser con un ángulo con respecto a una normal a la superficie (10) exterior del absorbente (1) que oscila entre 0° y 60°, preferiblemente con incidencia ortogonal a la superficie (10) exterior del absorbente (1), es decir con un ángulo con respecto a la normal a la superficie (10) exterior del absorbente (1) igual a 0°;

- energía de pulso de láser que varía dentro del intervalo de 0,01 - 5,00 mJ/pulso, preferiblemente dentro del intervalo de 0,2 - 2,0 mJ/pulso;

- enfoque puntual que tiene un diámetro que oscila entre 5 µm y 1 mm, que oscila preferiblemente entre 100 µm y 0,5 mm;

- velocidad de una placa de traslación sobre la que se monta el absorbente (1) cuya superficie (10) exterior se trata con el rayo láser que varía dentro del intervalo de 0,01 - 100,00 cm/s, preferiblemente dentro del intervalo de 0,2 - 3,0 cm/s.

11. Procedimiento según la reivindicación 9 ó 10, caracterizado porque, después de la etapa A, se ejecuta la siguiente etapa:

D. depositar una capa de metal refractario sobre una o más paredes laterales del absorbente (1).

12. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 9 a 11, caracterizado porque la etapa B comprende la siguiente subetapa:

B.1 depositar una película delgada de diamante de grosor menor de 25 micrómetros sobre dicha superficie interior del absorbente (1) a través de CVD, preferiblemente a través de CVD de microondas o CVD de filamento caliente, que tiene metano e hidrógeno como gases precursores, oscilando la razón de gas precursor de metano con respecto a hidrógeno entre el 0,05% y el 5%, siendo preferiblemente igual al 1%,

mediante lo cual el emisor (2) termoiónico se compone de un material seleccionado del grupo que comprende o consiste en:

- diamante en película delgada de grosor menor de 25 micrómetros depositado a través de CVD,
- diamante en película delgada de grosor menor de 25 micrómetros depositado a través de CVD que tiene un dopado de tipo n,
- diamante en película delgada de grosor menor de 25 micrómetros depositado a través de CVD que tiene terminación química de superficie con hidrógeno monoatómico y/o deposiciones de zirconio y/o cesio,
- diamante en película delgada de grosor menor de 25 micrómetros depositado a través de CVD que tiene un dopado de tipo n y terminación química de superficie con hidrógeno monoatómico y/o deposiciones de zirconio y/o cesio,

en el que preferiblemente la subetapa B.1 se realiza en un reactor de CVD que tiene una atmósfera en la que se introduce un gas de nitrógeno, mediante lo cual el emisor (2) termoiónico se compone preferiblemente de un material seleccionado del grupo que comprende o consiste en:

- diamante en película delgada de grosor menor de 25 micrómetros depositado a través de CVD que tiene un dopado de tipo n,
- diamante en película delgada de grosor menor de 25 micrómetros depositado a través de CVD que tiene un dopado de tipo n y terminación química de superficie con hidrógeno monoatómico y/o deposiciones de zirconio y/o cesio,

comprendiendo además preferiblemente la etapa B, después de la subetapa B.1, la siguiente subetapa:

- B.2 exponer la película delgada de diamante obtenida de la etapa B.1. a plasma de hidrógeno para hacer que una capa monoatómica de hidrógeno se adhiera a una superficie de diamante,

mediante lo cual el emisor (2) termoiónico se compone preferiblemente de un material seleccionado del grupo que comprende o consiste en:

- diamante en película delgada de grosor menor de 25 micrómetros depositado a través de CVD que tiene terminación química de superficie con hidrógeno monoatómico y/o deposiciones de zirconio y/o cesio,
- diamante en película delgada de grosor menor de 25 micrómetros depositado a través de CVD que tiene un dopado de tipo n y que tiene terminación química de superficie con hidrógeno monoatómico y/o deposiciones de zirconio y/o cesio.

13. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 9 a 11, caracterizado porque la etapa B comprende la siguiente subetapa:

- B.3 depositar hexaboruro de lantano (LaB_6) mediante deposición física en fase de vapor (PVD), preferiblemente seguida de un tratamiento de una superficie del emisor (2) termoiónico a través de láser de femtosegundo, y/o a través de deposición con láser pulsado (PLD), y/o a través de un técnica de pulverización catódica por radiofrecuencia (pulverización catódica por RF) sobre dicha superficie interior del absorbente (1),

mediante lo cual el emisor (2) termoiónico se compone de película delgada de hexaboruro de lantano (LaB_6), preferiblemente nanoestructurada, de grosor menor de 25 micrómetros, preferiblemente no mayor de 1 micrómetro, más preferiblemente no mayor de 800 nanómetros, todavía más preferiblemente no mayor de 700 nanómetros, incluso más preferiblemente no mayor de 600 nanómetros, incluso todavía más preferiblemente no mayor de 500 nanómetros, todavía incluso más preferiblemente no mayor de 400 nanómetros.

14. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 9 a 13, caracterizado porque comprende además, después de la etapa C, la siguiente etapa:

- E. realizar en el colector (5) termoiónico una primera capa (6), configurada para funcionar como lado caliente de un módulo (115) termoeléctrico, de un material cerámico seleccionado entre diamante depositado a través de CVD o nitruro de aluminio depositado a través de serigrafía o recubrimiento geopolimérico,

mediante lo cual el dispositivo convertidor es el dispositivo convertidor según la reivindicación 7.

15. Procedimiento según la reivindicación 14, caracterizado porque comprende además, después de la etapa E, la siguiente etapa:

5 F. depositar selectivamente a través de PVD una pluralidad de elementos (7) termoeléctricos de material cerámico a base de boruro y/o carburo electroconductor sobre la primera capa (6) obtenida de la etapa E,

o la siguiente etapa:

10 G. depositar sobre la primera capa (6) obtenida de la etapa E a través de PLD y/o a través de pulverización catódica por RF una película delgada de telururo de plomo a temperaturas mayores de 300°C y menores de 700°C, oscilando preferiblemente entre 400°C y 550°C, dopándose selectivamente la película delgada de telururo de plomo mediante dopado de tipo n a través de una posterior deposición de telururo de antimonio y dopándose selectivamente mediante dopado de tipo p a través de una posterior deposición de plata, definiéndose espacialmente la película delgada de telururo de plomo según una disposición de elementos (7) termoeléctricos, comprendiendo preferiblemente la deposición a través de PLD y/o a través de pulverización catódica por RF las siguientes subetapas:

20 G.1 depositar telururo de plomo partiendo de la ablación de un objetivo de telururo de plomo monocristalino o policristalino con una pureza del 99,995%,

25 G.2 realizar una ablación de un objetivo de telururo de antimonio con una pureza del 99,995% para introducir selectivamente átomos de antimonio en la película delgada de telururo de plomo obtenida de la subetapa G.1 y obtener un dopado de tipo n,

G.3 realizar una ablación de un objetivo de plata con una pureza del 99,995% para introducir selectivamente átomos de plata y obtener un dopado de tipo p,

30 G.4 definir espacialmente la película delgada de telururo de plomo dopado obtenida de las subetapas G.1-G.3 a través de técnicas fotolitográficas combinadas con técnicas de disolución química para obtener la disposición de elementos (7) termoeléctricos,

35 comprendiendo además preferiblemente el procedimiento, después de la etapa F o G, la siguiente etapa:

H. realizar una segunda capa (8), configurada para funcionar como lado frío del módulo (115) termoeléctrico, de un material cerámico seleccionado entre diamante depositado a través de CVD o nitruro de aluminio depositado a través de serigrafía o recubrimiento geopolimérico.

40

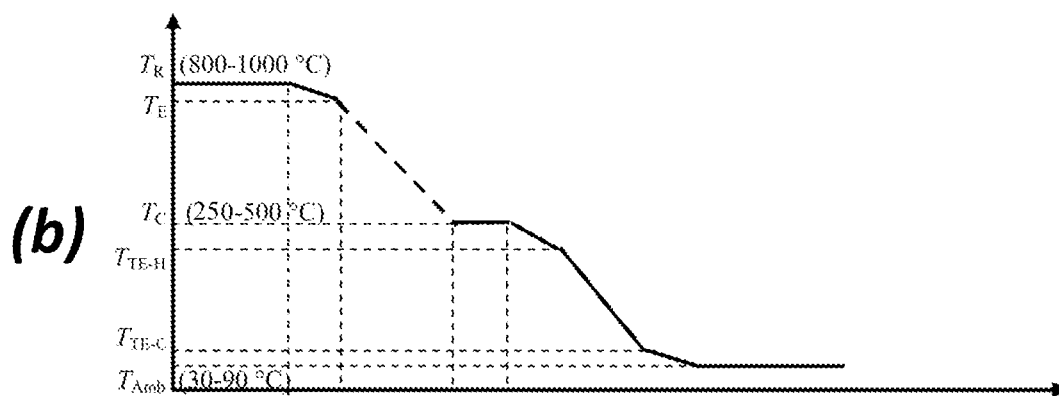
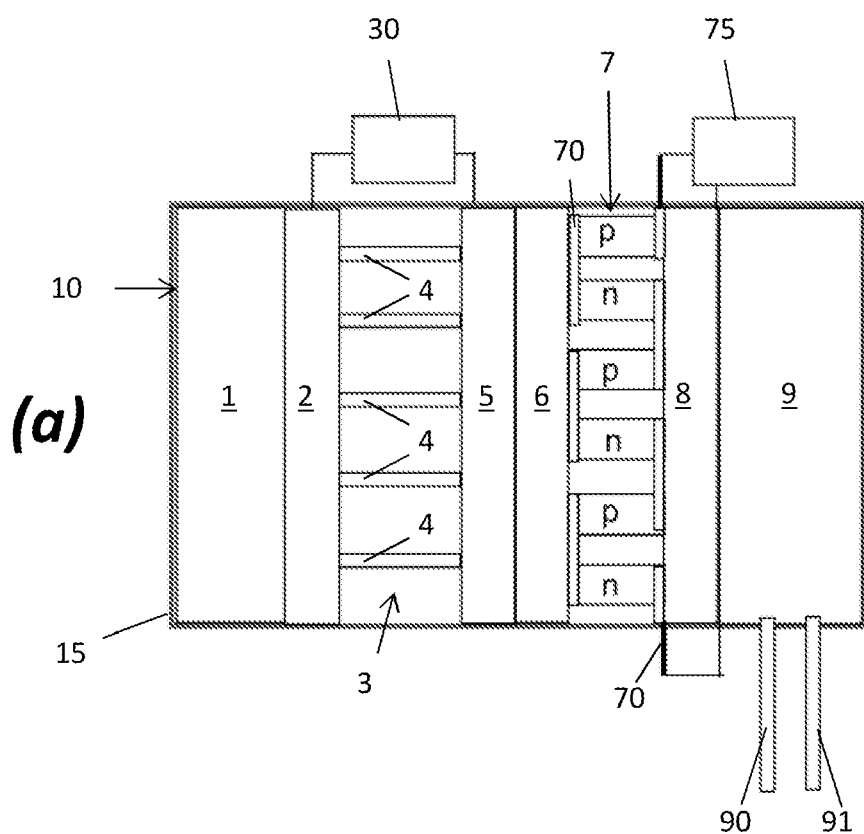
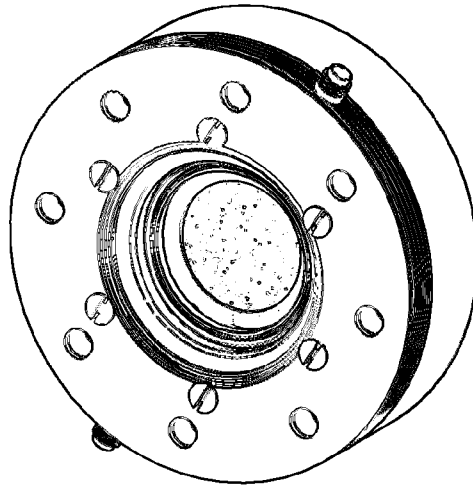


Fig. 1

(a)



(b)

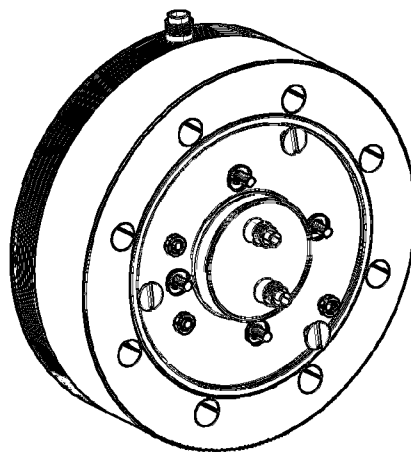


Fig. 2

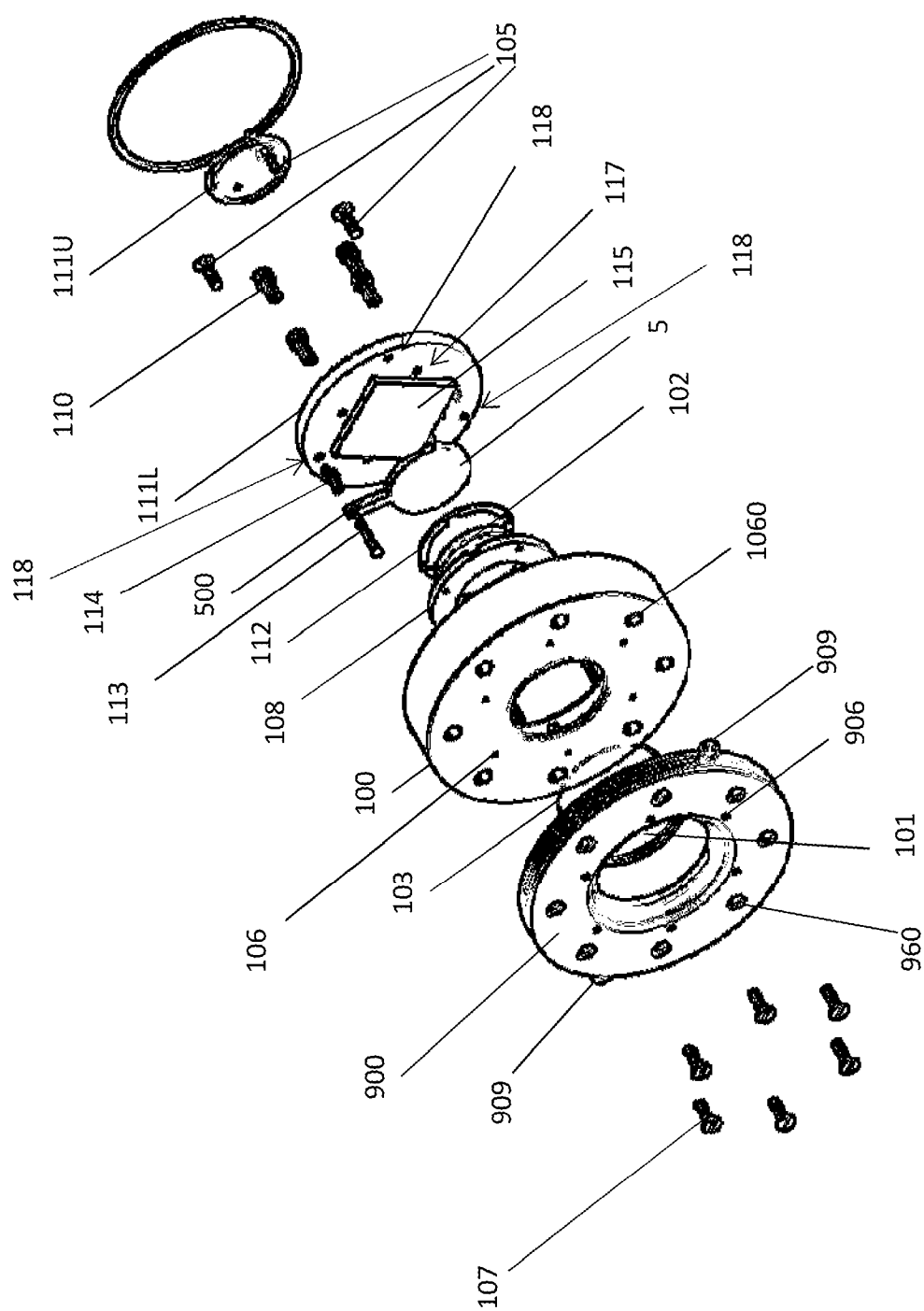


Fig. 3

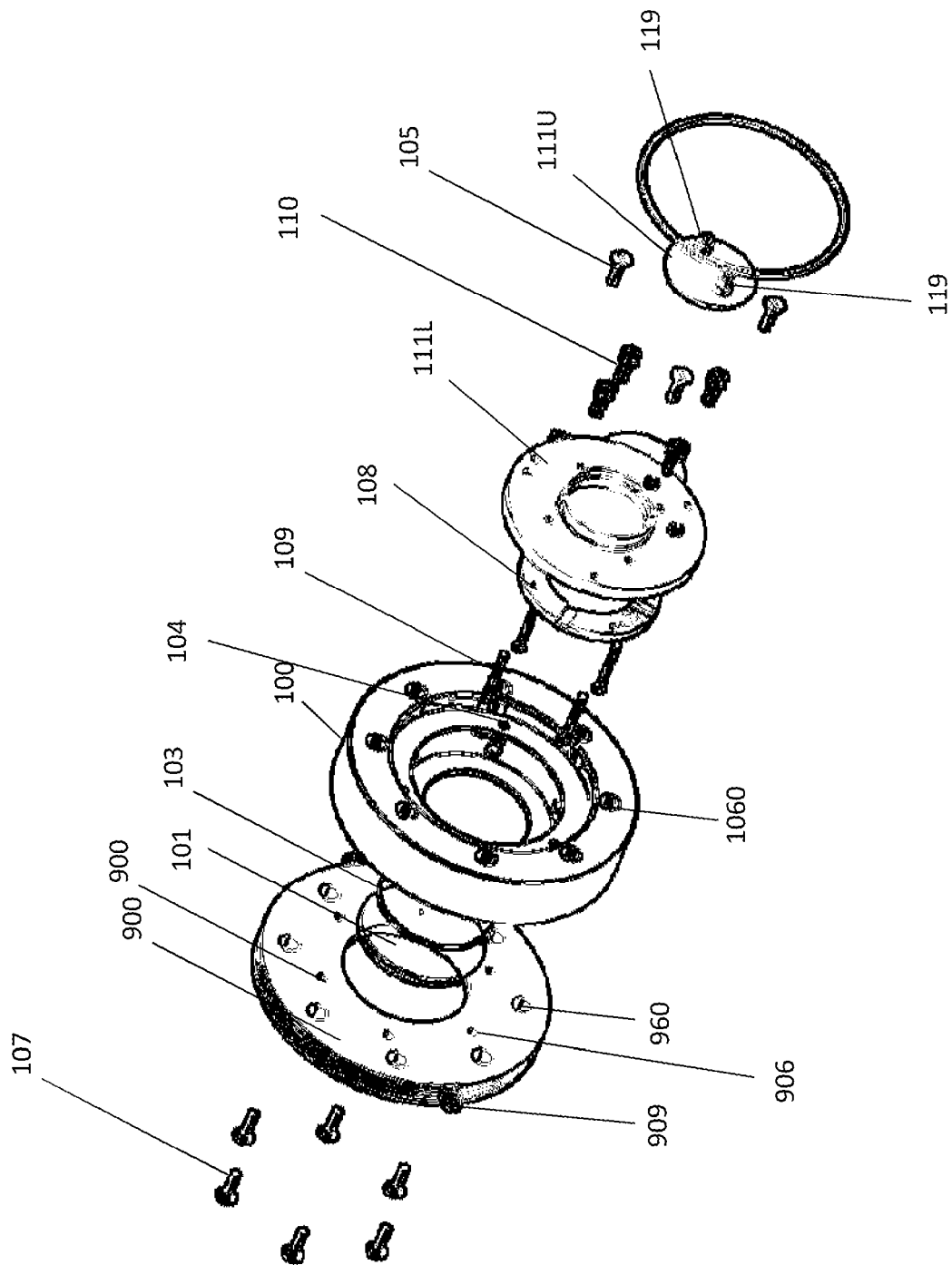


Fig. 4

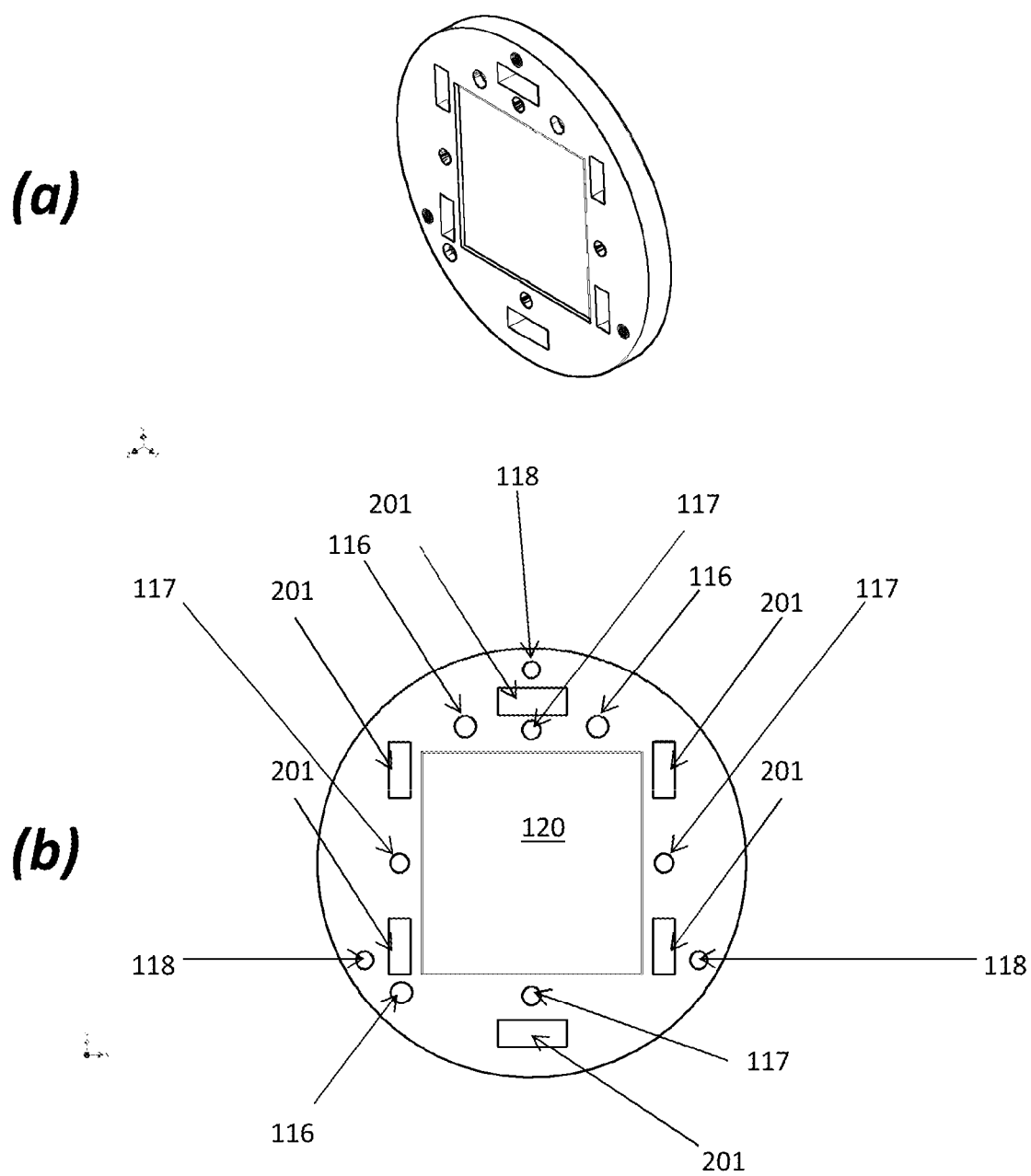


Fig. 5