

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 886 882**

51 Int. Cl.:

F25B 23/00 (2006.01)

H01S 3/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.03.2018** **PCT/FR2018/050622**

87 Fecha y número de publicación internacional: **04.10.2018** **WO18178537**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.03.2018** **E 18714580 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.06.2021** **EP 3601905**

54 Título: **Refrigerador óptico y sensor que comprende tal refrigerador**

30 Prioridad:

29.03.2017 FR 1752628

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

21.12.2021

73 Titular/es:

**L'AIR LIQUIDE, SOCIÉTÉ ANONYME POUR
L'ETUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCÉDÉS
GEORGES CLAUDE (100.0%)
75, Quai d'Orsay
75007 Paris, FR**

72 Inventor/es:

**NIOT, JEAN-MICHEL y
GARDELEIN, ARNAUD**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 886 882 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

Refrigerador óptico y sensor que comprende tal refrigerador

5 La invención se refiere a un refrigerador óptico, así como a un detector que comprende un refrigerador.

La invención se refiere más particularmente a un refrigerador óptico, especialmente para el enfriamiento de un sensor o detector infrarrojo, comprendiendo el refrigerador una fuente de radiación láser, un cristal de enfriamiento configurado para recibir la radiación láser de la fuente y enfriarse, un elemento a enfriar y una unión térmica en intercambio térmico, por un lado, con el cristal y, por otro lado, con el elemento a enfriar, para transferir frigorías del cristal hacia el elemento a enfriar.

Para la observación de la tierra por satélite en el campo del infrarrojo, es necesario enfriar los detectores o fotodetectores infrarrojos a temperaturas criogénicas, típicamente menores que 200 K. Las soluciones actuales se basan en el uso de sistemas pasivos, o bien de sistemas activos a base de accionadores mecánicos.

Un método de enfriamiento óptico conocido se basa en el desplazamiento anti-stokes o «fluorescencia anti-stokes». Véanse, por ejemplo, los documentos US9362712, US60441610 o US8720219. Esta solución se basa en el siguiente principio físico: cuando las bandas de emisión y absorción de un material (cristal) se superponen, la excitación de la parte superior del espectro de absorción conduce a la emisión de fotones más energéticos que los fotones absorbidos. Esta diferencia de energía (emisión/absorción) se debe a la aniquilación de fonones en la red cristalina del material, la cuántica vibratoria para los sólidos. En estado sólido, la energía térmica está principalmente contenida en los modos vibratorios de la red. En efecto, la agitación térmica provoca la oscilación de los átomos alrededor de su posición de equilibrio. En consecuencia, el calor se extrae del material por la emisión anti-stokes, lo que induce a un efecto de enfriamiento. Véase también la publicación de M.Sheik-Bahe y R.I. Epstein «Optical Réfrigération» Nat. Photonics 1, 12, 693 (2007).

Esta tecnología de refrigeración es potencialmente aplicable al enfriamiento de sensores en el campo espacial.

30 En las soluciones conocidas, la unión térmica está constituida de un tronco de material (zafiro, en general) en forma de J cuyas caras de los extremos (secciones terminales) están en contacto respectivamente con el cristal y con el elemento a enfriar. La forma en J o acodada está prevista para desplazar el cristal del eje del plano del elemento a enfriar minimizando al mismo tiempo la radiación transmitida (véase.

35 el documento US2015075181A1). El documento US 2015075181 A1 divulga un refrigerador óptico según el preámbulo de la reivindicación 1.

Los dispositivos conocidos son, sin embargo, poco compatibles con las limitaciones de algunas aplicaciones, especialmente espaciales.

40 Estas limitaciones o insuficiencias de la técnica anterior pueden referirse, en particular, en todo o parte a:

- la resistencia mecánica del cristal sobre el elemento a enfriar,
- 45 • la conducción de la energía a extraer del elemento a enfriar hacia el cristal,
- la limitación de las pérdidas térmicas (la unión térmica debe atrapar el mínimo de radiación anti-Stokes o transferir el mínimo de esta radiación hacia el elemento a enfriar),
- 50 • el problema de fiabilidad en caso de rotura de un elemento del dispositivo.

Un objetivo de la presente invención es superar todo o parte de los inconvenientes de la técnica anterior señalados anteriormente.

55 Con este fin, el refrigerador según la invención, por otro lado, conforme a la definición genérica dada en el preámbulo anterior, se caracteriza esencialmente por que la unión térmica comprende dos láminas que tienen primeros extremos respectivos en intercambio térmico, respectivamente, con dos superficies distintas del cristal, teniendo las dos láminas segundos extremos en intercambio térmico con el elemento a enfriar. El refrigerador según la invención se define en la reivindicación 1.

60 Esta estructura del refrigerador permite, en particular, asegurar una mejor resistencia mecánica del cristal a través de la unión térmica. Esta estructura de la unión en dos partes al menos (dos láminas) asegura también una redundancia mecánica de la función de mantenimiento y de transferencia del frío que es indispensable para la fiabilidad de una aplicación espacial.

65

Según esta arquitectura, la radiación anti-stokes se guía menos hacia el elemento a enfriar, y las superficies de intercambio térmico con el cristal y el elemento a enfriar pueden incrementarse.

Además, las realizaciones de la invención pueden incluir una o más de las siguientes características:

- 5
 - los segundos extremos de las dos láminas están en intercambio térmico respectivamente con dos superficies distintas del elemento a enfriar,
 - 10
 - los segundos extremos de las dos láminas toman en sándwich el elemento a enfriar, es decir que las láminas están dispuestas a ambos lados de los dos lados opuestos del elemento a enfriar,
 - los primeros extremos de las dos láminas toman en sándwich el cristal, es decir que las láminas están dispuestas a ambos lados de los dos lados opuestos del cristal,
 - 15
 - las láminas tienen cada una una forma acodada o en «J», es decir que cada lámina se extiende en un plano de manera no rectilínea, estando situados los extremos de la lámina en intercambio térmico respectivamente con el cristal y el elemento a enfriar respectivamente a nivel de los dos extremos situados a ambos lados de un codo o ángulo,
 - 20
 - las láminas están constituidas de un material transparente, tal como cristal o zafiro
 - el dispositivo comprende al menos dos espejos de alta reflectividad dispuestos alrededor del cristal para concentrar la luz en el cristal,
 - 25
 - el dispositivo comprende pantallas de absorción de la radiación luminosa generada por el cristal, estando las pantallas dispuestas alrededor del cristal,
 - el dispositivo comprende pantallas de absorción de la radiación luminosa generada por el cristal también alrededor de las caras del cristal unido a las láminas,
 - 30
 - el elemento a enfriar es un dedo frío o un plano focal destinado a transferir frigorías a una carga,
 - el cristal tiene una forma paralelepípedica, o cualquier forma apropiada,
 - 35
 - las láminas tienen un grosor comprendido entre 0,1 y 5 mm, especialmente entre 0,5 mm y 5 mm, y una anchura comprendida entre 0,1 y 10 mm, especialmente entre 1 mm y 10 mm, y una longitud comprendida entre 0,1 y 50 mm, especialmente entre 2 mm y 40 mm,
 - 40
 - las láminas están en contacto con el cristal sobre una superficie comprendida entre 1 mm² y 100 mm² especialmente 1 mm² y 75 mm²,
 - las láminas están en contacto con el elemento a enfriar sobre una superficie comprendida entre 0,1 mm² y 100 mm², y especialmente entre 1 mm² y 100 mm².
 - 45 La invención se refiere también a un detector que comprende un elemento de medición y un refrigerador del elemento de medición, siendo el refrigerador conforme a una cualquiera de las características anteriores o siguientes.
- La invención puede referirse también a cualquier dispositivo o procedimiento alternativo que comprende cualquier combinación de las características anteriores o siguientes.
- 50 Otras particularidades y ventajas aparecerán a partir de la lectura de la descripción siguiente, hecha en referencia a las figuras, en las que:
- 55
 - la figura 1 representa una vista de lado, esquemática y parcial que ilustra un ejemplo de estructura y de funcionamiento de un refrigerador óptico,
 - la figura 2 representa una vista de lado, esquemática y parcial de un detalle de un ejemplo de estructura de refrigerador óptico según la invención,
- 60
 - la figura 3 representa una vista de frente, esquemática y parcial, de un detalle del refrigerador óptico de la figura 2,
 - la figura 4 representa una vista en perspectiva, esquemática, y parcial, de una parte de otro ejemplo de estructura del refrigerador óptico según la invención, integrado a un sensor para su enfriamiento,
- 65

- las figuras 5 y 6 representan unas vistas en perspectiva, esquemáticas y parciales del refrigerador de la figura 4 en dos configuraciones parcialmente desmontadas.

La figura 1 ilustra la estructura y el principio de funcionamiento de un refrigerador óptico.

Un refrigerador 1 de este tipo comprende una fuente 2 de radiación láser configurada para emitir una radiación hacia un cristal 3 de enfriamiento (véase también la figura 5). El cristal 3 está enmarcado entre al menos dos espejos 7 reflectantes para concentrar la luz en el cristal 3. El conjunto (y en particular el tipo de cristal 3 o equivalente) está configurado para generar un enfriamiento del cristal 3 por efecto «anti-Stokes».

El cristal 3 se coloca en intercambio térmico (contacto) con un elemento 4, 5 a enfriar a través de una unión 6 térmica.

Como se ilustra en las figuras 2 a 6, la unión térmica comprende dos láminas 6 que tienen primeros extremos respectivos en intercambio térmico (preferentemente en contacto directo) respectivamente con dos superficies distintas del cristal 3, teniendo las dos láminas 6 segundos extremos en intercambio térmico (preferentemente en contacto directo) con el elemento 4 a enfriar.

Como se ilustra, los segundos extremos de las dos láminas 6 están preferentemente en intercambio térmico respectivamente con dos superficies o lados distintos del elemento 4 a enfriar. Por ejemplo, los segundos extremos de las dos láminas 6 toman en sándwich (ciñen lateralmente) el elemento 4 a enfriar, es decir que las láminas 6 están dispuestas a ambos lados de dos lados opuestos del elemento 4 a enfriar (véanse las figuras 2 a 6).

De la misma manera, los primeros extremos de las dos láminas 6 toman preferentemente en sándwich el cristal 3, es decir que las láminas 6 están dispuestas a ambos lados de los dos lados opuestos del cristal 3,

Las láminas 6 tienen preferentemente cada una una forma acodada o en «J», es decir que cada lámina 6 se extiende en un plano de manera no rectilínea, estando situados los extremos de la lámina 6 en intercambio térmico respectivamente con el cristal 3 y el elemento 4 a enfriar respectivamente a nivel de los dos extremos situados a ambos lados de un codo o ángulo.

Las láminas 6 tienen, por ejemplo, un grosor comprendido entre 0,5 y 5 mm, una anchura comprendida entre 1 y 10 mm, y una longitud comprendida entre 2 y 40 mm. En cada extremo, las láminas 6 están en contacto con el cristal 3 y el elemento a enfriar sobre una superficie, por ejemplo, comprendida entre 1 mm² y 75 mm², y 1 mm² y 100 mm² respectivamente.

Las superficies de contacto para el intercambio térmico aumentan así significativamente con respecto a las soluciones conocidas sin aumentar el volumen del dispositivo.

Las dos láminas 6 están constituidas, por ejemplo, de zafiro o de cualquier otro material transparente apropiado: cristal, etc. Por transparente se entiende, en particular: transparente a las longitudes de onda apropiadas (por ejemplo, para dejar pasar la radiación emitida por el cristal que está simbolizado por líneas o flechas en las figuras).

Esta geometría que permite limitar la cantidad de radiación anti-stokes es un cristal hacia el elemento 4 a enfriar.

Además, esta arquitectura de láminas 6 finas permite disponer fácilmente alrededor del cristal 3 los espejos 7 y pantallas ópticas 8. Las pantallas ópticas 8 (denominadas a veces «deflectores (baffles) ópticos») están previstas para aislar el cristal y, especialmente, para absorber las radiaciones alrededor del cristal 3. Estas pantallas 8 pueden estar compuestas especialmente de material metálico, cobre, aluminio, etc.

Como se puede ver en las figuras 3, 4 y 5 especialmente, se pueden disponer unas pantallas 8 ópticas a ambos lados de los primeros extremos de las láminas 6 en contacto con el cristal 3. En particular, y como se ilustra en las figuras, la arquitectura de unión 6 térmica permite disponer las pantallas 8 ópticas en todo el perímetro del cristal 3. Así, en el caso de un cristal 3 de forma paralelepípedica, se puede disponer una pantalla 8 frente a las seis caras del cristal 3.

Esto permite aislar ópticamente el cristal 3 de manera más completa que según la técnica anterior, y especialmente debajo de la cara inferior del cristal (girada hacia el elemento 4 a enfriar). Esto mejora la eficacia del sistema.

Como se ilustra en la figura 5, la fuente 2 láser puede estar configurada para dirigir un haz a través de un orificio de una pantalla 8.

Las figuras 4 a 6 ilustran un ejemplo de estructura de un conjunto integrado que comprende un enfriador 1 y un detector (especialmente infrarrojo).

El volumen de la parte del refrigerador se puede reducir, por ejemplo, a un volumen cúbico de menos de diez cm de lado.

Con respecto a las soluciones existentes, además de la reducción de las dimensiones, la placa de detección se puede simplificar.

5 En el ejemplo de la figura 4, la unión térmica está en intercambio con una pieza 4 que puede ser un plano focal en intercambio térmico con un componente 5 del sensor a enfriar, tal como un sensor óptico de un aparato espacial (satélite u otro).

10 Esta arquitectura presenta también una rapidez de respuesta térmica incrementada. En efecto, parece posible alcanzar un tiempo de descenso de frío a la temperatura objetivo (sin carga) del orden de 10 minutos aproximadamente.

La invención puede aplicarse también al enfriamiento in-situ de componentes microelectrónicos (por ejemplo, microcircuitos o transistores de potencia) a temperaturas cercanas a la ambiente, y el enfriamiento de los cristales utilizados en los láseres de alta potencia (continuos o pulsados).

15

REIVINDICACIONES

1. Refrigerador óptico, especialmente para el enfriamiento de un sensor o detector infrarrojo, comprendiendo el refrigerador (1) una fuente (2) de radiación láser, un cristal (3) de enfriamiento configurado para recibir la radiación láser de la fuente (2) y enfriarse, un elemento (4) a enfriar y una unión (6) térmica en intercambio térmico, por un lado, con el cristal (3) y, por otro lado, con el elemento (4) a enfriar, para transferir frigorías del cristal (3) hacia el elemento (4) a enfriar, caracterizado por que la unión térmica comprende dos láminas (6) que tienen primeros extremos respectivos en intercambio térmico respectivamente con dos superficies distintas del cristal (3), teniéndolas dos láminas (6) segundos extremos en intercambio térmico con el elemento (4) a enfriar.
2. Refrigerador según la reivindicación 1, caracterizado por que los segundos extremos de las dos láminas (6) están en intercambio térmico respectivamente con dos superficies distintas del elemento (4) a enfriar.
3. Refrigerador según la reivindicación 2, caracterizado por que los segundos extremos de las dos láminas (6) toman en sándwich el elemento (4) a enfriar, es decir que las láminas (6) están dispuestas a ambos lados de los dos lados opuestos del elemento (4) a enfriar.
4. Refrigerador según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que los primeros extremos de las dos láminas (6) toman en sándwich el cristal (3), es decir que las láminas (6) están dispuestas a ambos lados de los dos lados opuestos del cristal (3).
5. Refrigerador según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que las láminas (6) tienen cada una una forma acodada o en «J», es decir que cada lámina (6) se extiende en un plano de manera no rectilínea, estando situados los extremos de la lámina (6) en intercambio térmico respectivamente con el cristal (3) y el elemento (4) a enfriar respectivamente a nivel de los dos extremos situados a ambos lados de un codo o ángulo.
6. Refrigerador según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado por que las láminas (6) están constituidas de un material transparente tal como cristal o zafiro.
7. Refrigerador según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado por que comprende al menos dos espejos (7) de alta reflectividad dispuestos alrededor del cristal (3) para concentrar la luz en el cristal (3).
8. Refrigerador según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado por que comprende unas pantallas (8) de absorción de la radiación luminosa generada por el cristal, estando las pantallas (8) dispuestas alrededor del cristal.
9. Refrigerador según la reivindicación 8, caracterizado por que comprende pantallas (8) de absorción de la radiación luminosa generada por el cristal también alrededor de las caras del cristal (3) unido a las láminas(6).
10. Refrigerador según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizado por que el elemento (4) a enfriar es un dedo (4) frío o un plano focal destinado a transferir frigorías a una carga (5).
11. Detector que comprende un elemento (5) de medición y el refrigerador (1) del elemento (5) de medición, caracterizado por que el refrigerador (1) es conforme a una cualquiera de las reivindicaciones anteriores.



