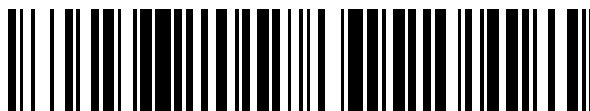


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 527 630**

51 Int. Cl.:

F24J 2/07 (2006.01)

F24J 2/46 (2006.01)

F28F 13/06 (2006.01)

F28F 13/12 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.10.2010 E 10763709 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.12.2014 EP 2488799**

54 Título: **Receptor de superficie solar modular texturizado que funciona a alta temperatura**

30 Prioridad:

14.10.2009 FR 0957204

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
27.01.2015

73 Titular/es:

**CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE (CNRS) (100.0%)
3, rue Michel Ange
75794 Paris Cedex 16, FR**

72 Inventor/es:

**OLALDE, GABRIEL;
FLAMANT, GILLES;
DAGUENET, XAVIER;
TOUTANT, ADRIEN;
FOUCAUT, JEAN-MARC y
COUDERT, SÉBASTIEN**

74 Agente/Representante:

CURELL AGUILÁ, Mireia

ES 2 527 630 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

Receptor de superficie solar modular texturizado que funciona a alta temperatura.

5 La presente invención se refiere al campo de los receptores solares utilizados en los sistemas solares termodinámicos de temperatura muy alta.

10 Estos sistemas, denominados también helietermodinámicos, permiten la transformación de una radiación solar en energía térmica. Esta energía puede ser recuperada directamente, o utilizada para la producción de electricidad o la alimentación de reacciones químicas.

15 El más clásico de estos sistemas helietermodinámicos es la central de torre. Un sistema de este tipo está constituido por una torre y por un campo de espejos móviles denominados heliostatos, que concentra la radiación en una zona reducida en la parte superior de la torre.

20 Esta zona iluminada por la radiación concentrada recibe varios cientos de veces la energía normal solar, y está equipada con un dispositivo denominado receptor solar que tiene como función transmitir esta energía a un fluido (un líquido o un gas) caloportador para recalentar directa o indirectamente el aire o el vapor que alimentará una turbina para la producción de electricidad, o una solución química que es la base de las reacciones.

25 Así, se ha representado en la figura 1 una central termodinámica de torre que comprende la torre 1, un campo de heliostatos 2 y el receptor solar 3.

30 Estos receptores son los elementos clave de dichas centrales, ya que sus prestaciones dependen directamente de la aptitud de los receptores para absorber y después para transmitir la energía de la radiación, y su coste constituye una parte significativa de toda la central. Rama prometedora de las energías renovables, la solar térmica se puede convertir en una alternativa seria para la producción de electricidad convencional (energías fósiles, nuclear, etc.) siempre que:

- 30 - se alcancen excelentes rendimientos;
- se reduzcan los costes de construcción y de mantenimiento;
- pase a ser parte de una estrategia industrial.

35 Se han propuesto diversos receptores para cumplir eficazmente esta función.

40 Unos receptores conocidos por el experto en la materia utilizan unos elementos metálicos que se calientan bajo el efecto de la radiación solar a la que están expuestos. Pero estos receptores no pueden superar los 700°C. El rendimiento en los mismos es limitado. Además, estos sistemas clásicos utilizan generalmente un fluido a base de sales fundidas por su buena capacidad térmica. Por otra parte, estas sales son contaminantes y sólo el aire o el vapor pueden ser utilizados en una turbina. Se necesita un intercambiador adicional.

45 El documento WO 04023048 propone un receptor que comprende unos elementos porosos de cerámica irradiados por la radiación solar concentrada, a través de los cuales el aire ambiente circula y alcanza temperaturas muy altas. Sin embargo, para ser utilizable, este aire debe ser bombeado o debe recalentar otro circuito a través de un intercambiador, como en el caso de las sales fundidas, dando como resultado una concepción compleja.

50 Los documentos US nº 4.164.123, WO 9612918 y US nº 6.516.794 describen diversos sistemas de receptores solares volumétricos, que comprenden cada uno, entre otros, una cámara estanca con una ventanilla en la que un fluido bajo presión atraviesa un elemento poroso de cerámica irradiado a través de la ventanilla 9, como se puede ver en la figura 2. Se pueden alcanzar unas temperaturas de 750°C a 1000°C, pero la ventanilla es cara y limita la fiabilidad, y sobre todo no permite el avance hacia receptores de gran tamaño necesario para aplicaciones de varios MW.

55 El documento WO 200161254 describe un módulo de receptor solar volumétrico, cuya pared es hueca y se rellena de un elemento poroso similar a los de los documentos citados anteriormente. Este elemento poroso aumenta las transferencias térmicas de la pared, aunque sigan siendo limitadas, y con la condición de que el módulo respete una forma paraboloide muy específica, resulta posible un intercambio térmico directo entre la pared irradiada y el fluido que circula en ella. Sin embargo, el elemento poroso crea fuertes pérdidas de carga (el fluido debe ser bombeado permanentemente, dando como resultado un coste energético), y resulta insuficiente como intercambiador térmico en cuanto el módulo supera un cierto tamaño.

60 A pesar de estos medios conocidos del estado de la técnica, las centrales solares termodinámicas con horno siguen siendo limitadas para los demostradores, y luchan para ser objeto de grandes proyectos.

65 En efecto, las limitaciones de los receptores siguen siendo muy grandes, e incluso si los receptores de alta temperatura ofrecen unas nuevas perspectivas, las pérdidas tanto térmicas como mecánicas en la circulación

impiden que la energía solar termodinámica sea competitiva.

Por todas estas razones, estas centrales están pendientes de ser perfeccionadas antes de poder hacerse un sitio entre las centrales de energías renovables.

5 La presente invención prevé resolver estas dificultades proponiendo un receptor solar de superficie que, mediante una estructura modular simple, permite trabajar a alta temperatura con buenas prestaciones, y es compatible con un tamaño industrial.

10 Un objetivo adicional de la invención es alcanzar este objetivo obteniendo al mismo tiempo un sistema más barato que el que se consigue según el estado de la técnica.

15 La presente invención se refiere por lo tanto a un módulo de receptor de superficie solar que funciona a alta temperatura, atravesado por un canal a lo largo del cual se efectúa una transferencia térmica entre un fluido (líquido o gas) en movimiento en dicho canal y por lo menos una pared del receptor expuesta a la radiación solar concentrada, caracterizado por que la superficie interna de por lo menos dicha pared comprende, a nivel de la entrada de fluido, unos accionadores que generan turbulencias.

20 Mediante esta estructura de módulo absorbente estanco, es posible un funcionamiento sobre unos gases a alta presión que no necesitan ventanilla. En efecto, gracias a la texturización de la superficie del canal en el que circula el gas, en particular los accionadores, se generan unas turbulencias sin aumentar significativamente las pérdidas de carga. Los vórtices de eje longitudinal así generados aumentan considerablemente el nivel de turbulencia y por lo tanto las transferencias convectivas entre el gas y la pared directamente expuesta a la radiación solar concentrada. La absorción de energía es superficial, y no volumétrica como en los sistemas anteriores.

25 Además, el módulo de acuerdo con la presente invención es un sistema sencillo que cumple directamente las funciones de intercambiador térmico librándose al mismo tiempo de las pérdidas mecánicas que se deben por ejemplo al paso de un elemento poroso.

30 Según otras características ventajosas y no limitativas de la invención:

- el módulo comprende unas nervaduras situadas según el flujo aguas abajo de los accionadores para canalizar las turbulencias y reducir las fricciones;
- 35 - los accionadores son unas aletas que forman un ligero ángulo con el eje de flujo y que presentan un borde delantero que parte de la superficie y que se aleja de ella siguiendo el flujo;
- los accionadores son unos triángulos rectángulos ortogonales a la superficie;
- 40 - los accionadores están orientados alternativamente a uno y otro lado del eje de flujo según una disposición contrarrotativa;
- los accionadores presentan una altura comprendida entre 1/3 y 2/3 de la longitud de su base, preferentemente la mitad;
- 45 - el ángulo de dichos accionadores con el eje de flujo está en valor absoluto comprendido entre 10° y 20°, preferentemente 18°;
- la distancia entre dos conjuntos de dos accionadores tiene un valor entre 1,5 y 2,5 veces la longitud de su base, preferentemente el doble;
- 50 - las nervaduras son unas estructuras paralelas que se extienden longitudinalmente a lo largo del flujo;
- las nervaduras son unos perfiles paralelepípedicos;
- 55 - las nervaduras son unos canales semicilíndricos;
- las nervaduras son unos perfiles prismáticos de sección triangular;
- 60 - las nervaduras están biseladas aguas arriba;
- el ángulo de dicho bisel de las nervaduras es inferior a 7°;
- la separación entre el eje de dos nervaduras consecutivas es un múltiplo de la altura de los accionadores;
- 65 - el módulo comprende una nervadura alineada con el eje medio entre cada par de accionadores;

- el módulo comprende una nervadura alineada con el extremo aguas abajo de cada accionador;
- 5 - la separación según la dirección de flujo entre el final de los accionadores y el inicio de las nervaduras tiene un valor entre una y tres veces la altura de los accionadores, preferentemente dos veces;
- los accionadores y las nervaduras definen una vena única sin subdivisión para repartir mejor el caudal;
- 10 - el módulo está constituido por un bloque en U recubierto con una tapa conectados de manera estanca, y por unos terminales de extremo de entrada y salida;
- el módulo es de cerámica, preferentemente de carburo de silicio;
- 15 - dichos accionadores y nervaduras están realizados por mecanización del bloque.

Otro aspecto de la invención se refiere a un receptor solar, caracterizado por que comprende un escudo reflector aislante térmicamente que delimita un volumen cuyo fondo está constituido por la pared expuesta de por lo menos un módulo de acuerdo con una o varias de las características anteriores, y una abertura enfrente de dicho fondo.

20 Este sistema no tiene la restricción de la ventanilla que limita su tamaño, ya que sólo es necesaria una abertura en la estructura del escudo térmico, siendo estanco un módulo. Una arquitectura de este tipo hace posible la concepción de una central de gran potencia (varias decenas de MW) con un coste razonable.

25 Otras características y ventajas de la presente invención aparecerán con la lectura de la descripción siguiente de un modo de realización preferido. Esta descripción se dará haciendo referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- la figura 1 descrita anteriormente es un esquema de una central solar termodinámica de torre conocida;
- 30 - la figura 2 es una vista esquemática en sección de un receptor conocido de la técnica anterior;
- la figura 3 es una vista en perspectiva tridimensional de un posible módulo según la invención;
- la figura 4 es una vista en perspectiva de una posible disposición de los accionadores según la invención;
- 35 - la figura 5 representa esquemáticamente una combinación posible de accionadores y de nervaduras según la invención;
- la figura 6 es una vista esquemática desde arriba de una estructuración preferida de la superficie interna del receptor según la invención;
- 40 - la figura 7 es un gráfico que representa la evolución de la energía cinética turbulenta adimensionada en función de la altura adimensionada cuando tienen lugar campañas de medición en diferentes geometrías;
- 45 - la figura 8 es un gráfico que representa la distribución de velocidad media en una vista de perfil de una estructuración preferida;
- la figura 9 es una vista esquemática en sección de un receptor solar según la invención.

50 El módulo 100 de acuerdo con la invención es una caja que comprende un canal 101. Esta caja puede ser objeto de numerosos modos de realización, y ventajosamente tiene la forma de un paralelepípedo aplanado. En el canal 101 circula el aire comprimido que absorberá la energía, estando el módulo provisto de una entrada 102 y una salida 103. Sin embargo se puede prever hidrógeno o helio como medios caloportadores, así como la mayoría de los gases que pueden alimentar reactores termoquímicos. El módulo 100 puede ser, por ejemplo, el centro de reacciones de vapocraqueo. Una cara externa 104 es la que estará girada hacia los heliostatos 2 con el fin de recibir la radiación concentrada. El anverso de esta cara, la superficie interna 105, está texturizada.

60 Estas texturizaciones se componen de accionadores 110 cuya estructura se puede ver en la figura 4. Están dispuestos en una banda a la entrada del canal 101. Los accionadores son unas pequeñas aletas que tienen un papel de deflector. En efecto, no están perfectamente alineados con el eje de flujo y presentan un borde de ataque 113 que parte de la superficie interna 105 y se aleja de ella siguiendo el flujo. Esta inclinación de los accionadores 110 desvía el flujo, lo cual genera un vórtice de eje longitudinal a la salida de cada accionador 110.

65 Según un modo de realización preferido pero no limitativo, los accionadores pueden estar en forma de triángulos rectángulos, estando éstos conectados a la pared 105 por su base 111 de longitud l, elevándose el lado pequeño 112 de longitud h ortogonalmente a esta pared 105. En esta configuración, presentan su lado biselado 113, que es la hipotenusa del triángulo en dirección a la entrada 102 del módulo 100. El lado 112, que forma la cola del accionador,

se encuentra en dirección a la salida. Dos accionadores consecutivos 110a y 110b forman un patrón que se repite por traslación sobre toda la anchura de la pared según un paso λ . Los accionadores 110a y 110b están separados del eje longitudinal del módulo 110, o eje de flujo del fluido, respectivamente, por un pequeño ángulo β y por un ángulo $-\beta$. La abertura así realizada entre los dos lados verticales 112 extremos de un par 110a/110b de accionadores tiene como medida L. La alternancia de la orientación de los accionadores 110 conduce a la alternancia de los sentidos de rotación de los vórtices generados, siendo nula la desviación media del flujo. Una geometría de este tipo, denominada contrarrotativa, minimiza el aumento de las pérdidas de carga.

Esta arquitectura se completa ventajosamente por unas estructuras 120 denominadas nervaduras, del inglés "riblets", de las que un modo de realización está representado en la figura 5. Las nervaduras son unos perfiles que se extienden en la pared 105 a lo largo del eje del flujo, y situados aguas abajo de los accionadores 110 con el fin de definir unos canales 130 en los que los vórtices generados por los accionadores se mantienen a lo largo del módulo 100. Estos vórtices barren tangencialmente el fondo de los canales 130 y las paredes 121 de las nervaduras, decuplicando los coeficientes de intercambio conducto-convectivo entre la pared 105 y el fluido que circula en el canal 101. La transferencia de superficie se vuelve suficiente para absorber la energía de la radiación concentrada. Además, las nervaduras 120 sólo oponen poca superficie al flujo del fluido, y por lo tanto aumentan sólo débilmente la fricción del fluido y por lo tanto las pérdidas de carga.

Se pueden prever varias formas de nervaduras 120, en particular los prismas, los paralelepípedos y los canales semiesféricos.

Según un modo de realización preferido visible en la figura 6, estas nervaduras 120 son unos prismas que tienen por sección un triángulo rectángulo isósceles de lado c, estando la hipotenusa contra la pared 115. Por lo tanto, poseen dos lados opuestos 121. Las nervaduras 120 están separadas de la cola 112 de los accionadores 110 por una longitud ϵ , y comienzan con una parte 122 biselada según un ángulo α . Este bisel 122 suaviza el impacto del flujo incidente contra la sección de las nervaduras 120. Se prolongan a continuación hasta el extremo del módulo 100. En cuanto a su disposición, las nervaduras 120 forman un patrón que se repite por traslación en toda la anchura de la pared según el mismo paso λ que los accionadores. Éstas pueden estar alineadas con el eje medio entre un par 110a/110b de accionadores consecutivos (nervaduras 120a) y/o alineadas con las colas 112 de los accionadores 110 (nervaduras 120b). Dos nervaduras 120a o dos nervaduras 120b están separadas en una distancia igual al parámetro L de separación entre dos colas 112 de accionadores 110a/110b.

Según una primera posibilidad de disposición, se utilizan sólo las nervaduras 120a para no oponer resistencia a los vórtices, cuyos ejes están en alineación con las colas 112. El motivo se compone por lo tanto de 2 nervaduras.

Según una segunda posibilidad de disposición, se completa la estructura anterior con las nervaduras 120b para obtener una estructura alternada, componiéndose el motivo así de 4 nervaduras. Se aumenta, por lo tanto, la superficie de intercambio entre la pared 105 y el fluido que circula en el canal 101.

Por otra parte, el solicitante ha ensayado en el túnel aerodinámico del Laboratoire de Mécanique de Lille diferentes valores de los parámetros l, L, h, α , β , ϵ y λ y las dos disposiciones propuestas. Se ha utilizado una técnica de SPIV (Stereoscopic Particle Image Velocimetry) que utiliza principalmente un láser y se han utilizado dos cámaras digitales. Esta técnica permite la medición de los tres componentes de la velocidad instantánea del fluido, en forma de campos en el plano.

En particular, para el módulo real, las propiedades del flujo son las siguientes:

$$\text{velocidad media: } 7,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} \leq \bar{u} \leq 15,6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$$

$$\text{Reynolds: } 50000 \leq \text{Re} = \frac{\rho \bar{u} D_h}{\mu} \leq 120000 \text{ para aire bajo } P = 10 \text{ bares, } T=400^\circ\text{C, } D_h \text{ diámetro hidráulico del módulo.}$$

Teniendo en cuenta las dimensiones de la vena ($2 \times 1 \text{ m}^2$), el túnel aerodinámico del LML no puede ser considerado como un canal plano (flujo no establecido); es un túnel aerodinámico de capa límite.

Sin embargo, en la zona interna, de grosor $\delta = \frac{20}{100} \Delta \approx 0.3 \text{ m}$ (Δ es el grosor de la capa límite), las ecuaciones son las mismas que en el caso del canal plano si se trabaja con el mismo Re. A título de información, en las CNTP (Condiciones Normales de Temperatura y de Presión), si se considera que δ es la longitud característica, se obtiene $\text{Re} \approx 61000$ para $\bar{u} = 3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, lo cual corresponde al intervalo de variación del Reynolds para el módulo "real".

Por lo tanto, es posible deducir las características de flujo en el módulo real a partir de las mediciones de SPIV realizadas sobre diferentes geometrías en el túnel aerodinámico del LML. Con el fin de comparar las diferentes geometrías entre sí, se han considerado dos indicadores: la energía cinética turbulenta K (representativa de los

intercambios térmicos) así como la velocidad de fricción u_t (representativa de las pérdidas de carga). Los ficheros de estadística necesarios para el cálculo de estas cantidades se establecieron a partir de las imágenes de SPIV promediadas temporalmente y según el eje z (en una longitud que representa un semi periodo del motivo de base, con el fin de que los resultados puedan permitir comparar las geometrías entre sí).

5

> Definición de u_t

Dado que las pérdidas de carga no se pueden medir directamente sobre el túnel aerodinámico del LML, se ha decidido, a partir de los datos medidos, subir a la velocidad de fricción u_t (en m/s). El cálculo se hace posible por el hecho de que, en el caso del túnel aerodinámico del LML, la tensión de cizallamiento no está en función de $x_2 = y$, y está dado por:

10

$$\tau(x_2) = \mu \cdot \frac{\partial u_1}{\partial x_2} - \rho \cdot \langle u_1' u_2' \rangle = cste = \tau_{pl}$$

15

siendo $\tau_{pl} = \rho \cdot u_\tau^2$, $\langle u_1' u_2' \rangle$ covarianza de las fluctuaciones de la velocidad según los ejes x_1 y x_2 (también denominada "shear stress").

> Definición de K

20

La fórmula que da la energía cinética turbulenta, directamente calculable a partir del fichero de estadísticas, es la siguiente:

$$K = \frac{\langle u_1'^2 \rangle + \langle u_2'^2 \rangle + \langle u_3'^2 \rangle}{2}$$

25

siendo $\langle u_i'^2 \rangle$ varianza de las fluctuaciones de velocidad (en m^2/s^2).

La figura 7 representa $K^+ = K/u_t^2$ para las diferentes geometrías en función de la altura adimensional $y^+ = \frac{y \cdot u_t}{\nu}$, y permite poner en evidencia una geometría preferida para la cual la relación entre la energía transportada por la turbulencia K y la fricción (responsable de las pérdidas de carga) u_t es máxima.

30

Ésta, referenciada ba_br120, corresponde a una disposición tal que:

- las nervaduras 120b están ausentes
- $\lambda = 4h$
- $l = 2h$
- $\beta = 18^\circ$
- $\alpha < 7^\circ$
- $c = h/3$
- $L = l$
- $\varepsilon = h$

35

40

A escala del túnel aerodinámico, la longitud h considerada de la cual se derivan las otras dimensiones es 60 mm, altura que se necesita extrapolar proporcionalmente a las dimensiones reales del módulo 100, que presenta ventajosamente una superficie de aproximadamente 1 m^2 para la pared 104.

45

Esta eficacia se confirma mediante el gráfico de la figura 8. Los componentes del vector velocidad media para la geometría ba_br120 se trazan en la ventana de análisis, y el carácter de vórtice aparece claramente, así como en otros cálculos de vorticidad efectuados por el solicitante.

50

Este razonamiento se refiere naturalmente a la pared 105 de la cual la otra cara 104 sufre la irradiación solar concentrada. Además de mejorar las prestaciones termodinámicas, estas estructuraciones aumentan la superficie de intercambio térmico con el fluido. Los accionadores 110 y nervaduras 120 pueden estar dispuestos sobre toda la anchura del canal 101, incluso cerca de los bordes. Se pueden considerar dos semi-nervaduras extremas colocadas en los ángulos. Se puede considerar asimismo estructurar las otras paredes internas del canal 101.

55

Preferentemente, pero no limitativamente, el módulo 100 procede de un bloque de carburo de silicio, material en total adecuación con la aplicación solar citada: fuerte absorción en el espectro solar (0,6 - 3 μm), conductividad térmica superior a los metales por encima de 1000°C, resistencia a la oxidación y buena resistencia mecánica hasta temperaturas del orden de 1400°C. Se puede considerar otras cerámicas de elevadas prestaciones.

- 5 Un material de este tipo en primer lugar se moldea y se comprime bajo 2000 bares. Tiene entonces la dureza de una pastilla de tiza y puede fácilmente ser mecanizado con gran precisión. Se ahueca por lo tanto una pieza con el fin de obtener la forma de una U en el fondo de la cual se realizarán las estructuraciones. Los accionadores 110 y nervaduras 120 se tallan directamente en relieve en la pared. Una tapa que corresponde a la pared opuesta viene a recubrir la U para formar el canal 101, estando la unión y la estanqueidad aseguradas por ejemplo por una soldadura específica o un sinterizado SPS. Estas técnicas de realización de cerámicas de elevadas prestaciones son conocidas por el experto en la materia, y la realización de un módulo según la invención no está limitada a este procedimiento en particular.
- 10 Por último, es posible prever la utilización de varios módulos 100, con el fin de obtener una estructura de gran tamaño. En efecto, los focos de concentración de las torres solares tienen generalmente varios metros cuadrados, y se puede pensar ir más lejos en aplicaciones industriales.
- 15 Un receptor solar 3 completo según otro aspecto de la invención representado en la figura 9 comprende ventajosamente en combinación por lo menos un módulo elemental 100 y un escudo reflector aislante 4. Este escudo 4 recubre el interior de una ojiva que presenta una abertura 6 en su parte alta para dejar entrar la radiación, y que tiene el receptor como fondo. El interior de la ojiva se denomina cavidad solar 5, la cual puede alcanzar unos tamaños consecuentes gracias a la modularidad del receptor. En esta cavidad, el escudo 4 reenvía la radiación reflejada sobre las paredes 104 de los módulos 100 para reducir al máximo la disipación de energía hacia el exterior.
- 20 Unas entradas de fluido múltiples 7 que alimentan los módulos 100 con fluido frío, el cual sale a temperatura muy alta por una salida 8 en dirección a las turbinas de producción de electricidad.
- 25 El módulo y el receptor solar según la invención permiten por lo tanto unos progresos sustanciales tanto en la calidad de las transferencias térmicas como en la fiabilidad o los costes de construcción. Se libera de numerosos elementos costosos y generadores de pérdidas. Debido a su estructura sencilla y robusta, que permite una modularidad innovadora, la invención abre la puerta a proyectos de gran envergadura en el campo de centrales heliotermodinámicas.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Módulo (100) de receptor de superficie solar que funciona a alta temperatura, atravesado por un canal (101) a lo largo del cual se efectúa una transferencia térmica entre un fluido (líquido o gas) en movimiento en dicho canal (101) y por lo menos una pared (104) del receptor expuesta a la radiación solar concentrada, caracterizado por que la superficie interna (105) de por lo menos dicha pared comprende a nivel de la entrada (102) de fluido unos accionadores (110) que generan unas turbulencias.
- 10 2. Módulo según la reivindicación 1, caracterizado por que comprende unas nervaduras (120) situadas según el flujo aguas abajo de los accionadores (110) para canalizar las turbulencias y reducir las fricciones.
- 15 3. Módulo según la reivindicación 2, caracterizado por que dichos accionadores (110) son unas aletas que forman un ligero ángulo con el eje de flujo y presentan un borde de ataque (113) que parte de la superficie (105) y que se aleja de ella siguiendo el flujo.
- 20 4. Módulo según la reivindicación 3, caracterizado por que dichos accionadores (110) son unos triángulos rectángulos ortogonales a la pared (105).
- 25 5. Módulo según una de las reivindicaciones 3 a 4, caracterizado por que dichos accionadores (110) están orientados alternativamente a uno y otro lado del eje del flujo según una disposición contrarrotativa.
- 30 6. Módulo según la reivindicación 5, caracterizado por que dichos accionadores (110) presentan una altura (h) comprendida entre 1/3 y 2/3 de la longitud (l) de su base (111), preferentemente la mitad.
- 35 7. Módulo según una de las reivindicaciones 2 a 6, caracterizado por que dichas nervaduras (120) son unas estructuras paralelas que se extienden longitudinalmente a lo largo del flujo.
- 40 8. Módulo según la reivindicación 7, caracterizado por que dichas nervaduras (120) están biseladas aguas arriba.
- 45 9. Módulo según una de las reivindicaciones 7 y 8, caracterizado por que la separación entre el eje de dos nervaduras consecutivas (120a/120b) es un múltiplo de la altura (h) de los accionadores (110).
10. Módulo según la reivindicación 9, caracterizado por que comprende una nervadura (120a) alineada con el eje medio entre cada par de accionadores (110a/110b).
11. Módulo según la reivindicación 10, caracterizado por que comprende una nervadura (120b) alineada con el extremo aguas abajo (112) de cada accionador (110).
12. Módulo según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que los accionadores (110) y las nervaduras (120) definen una vena única sin subdivisiones para repartir mejor el caudal.
13. Módulo según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que está constituido por un bloque en U recubierto con una tapa, unidos de manera estanca, y por terminales de extremo a la entrada (102) y salida (103).
14. Módulo según la reivindicación 13, caracterizado por que es de cerámica, preferentemente de carburo de silicio.
15. Receptor solar (3), caracterizado por que comprende un escudo reflector aislante (4) que delimita un volumen (5) cuyo fondo está constituido por la pared expuesta (104) de por lo menos un módulo (100) según una de las reivindicaciones anteriores, y una abertura (6) enfrente de dicho fondo.

FIG. 1

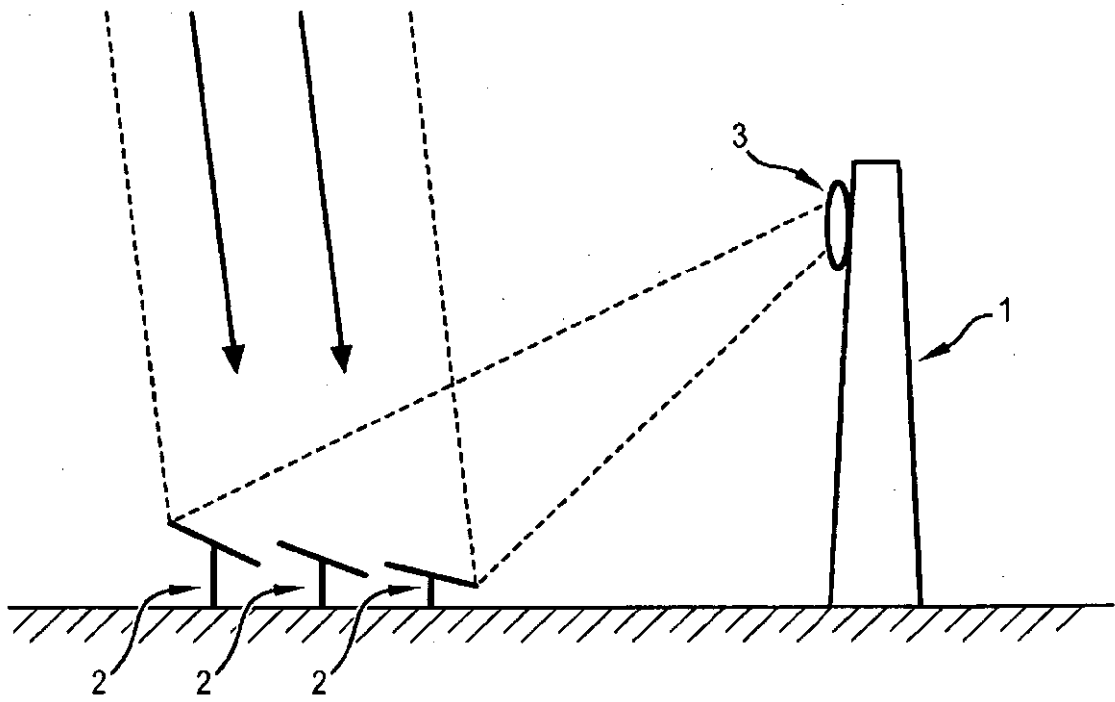


FIG. 2

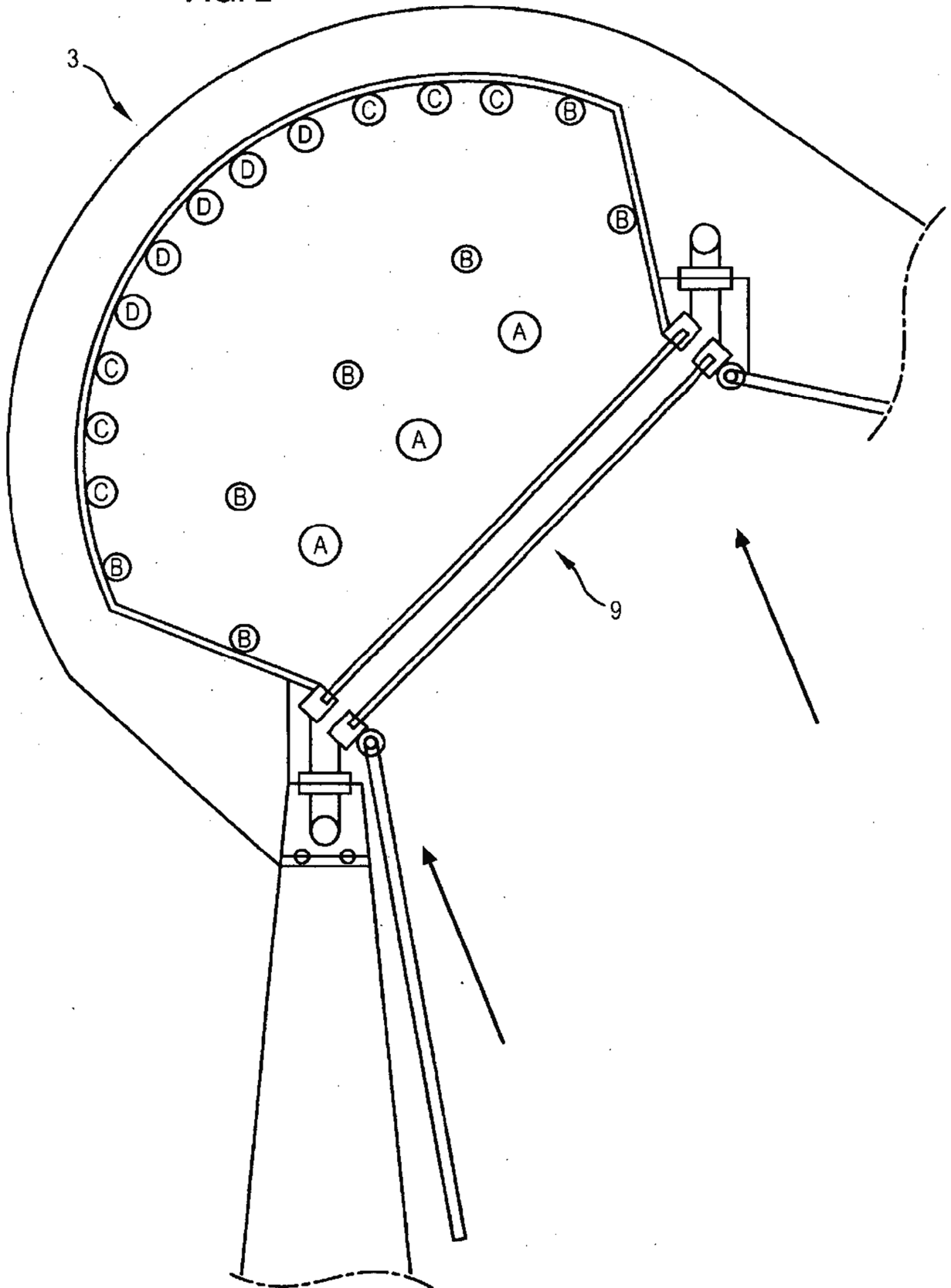


FIG. 3

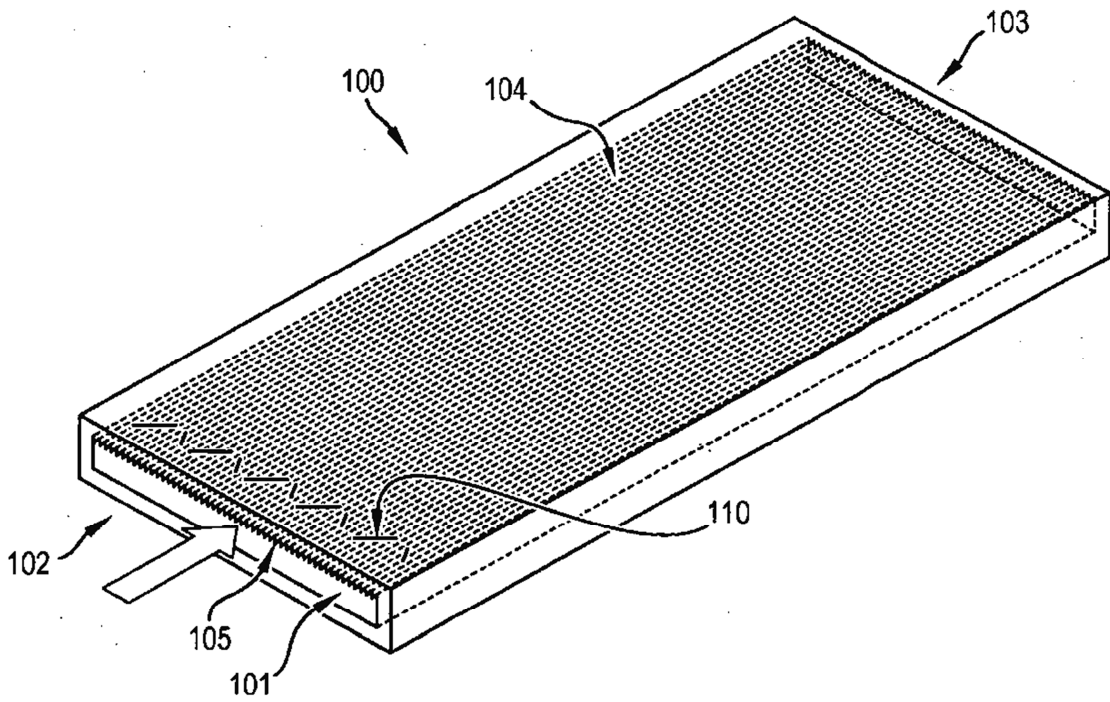
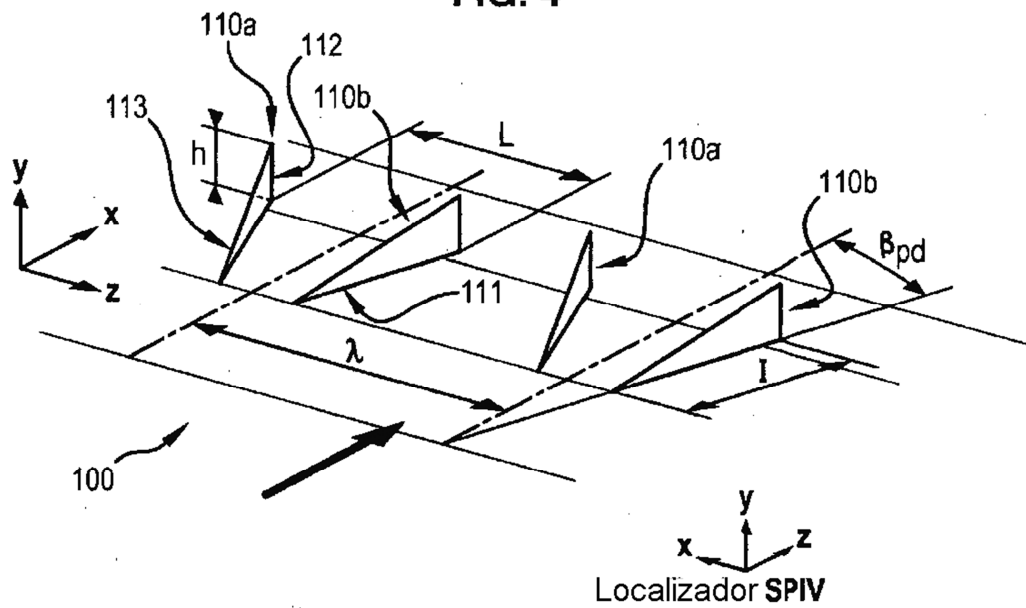


FIG. 4



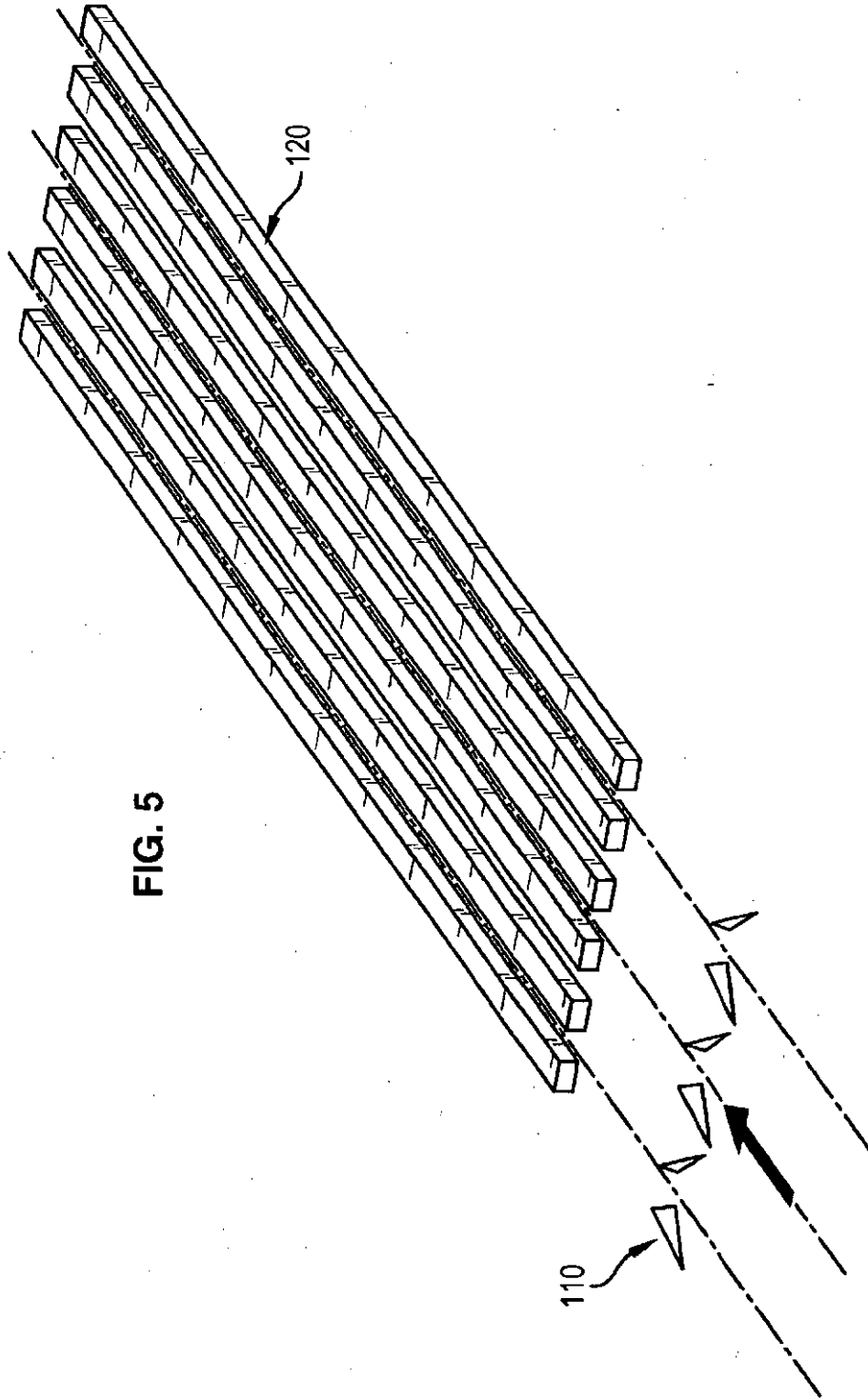


FIG. 6

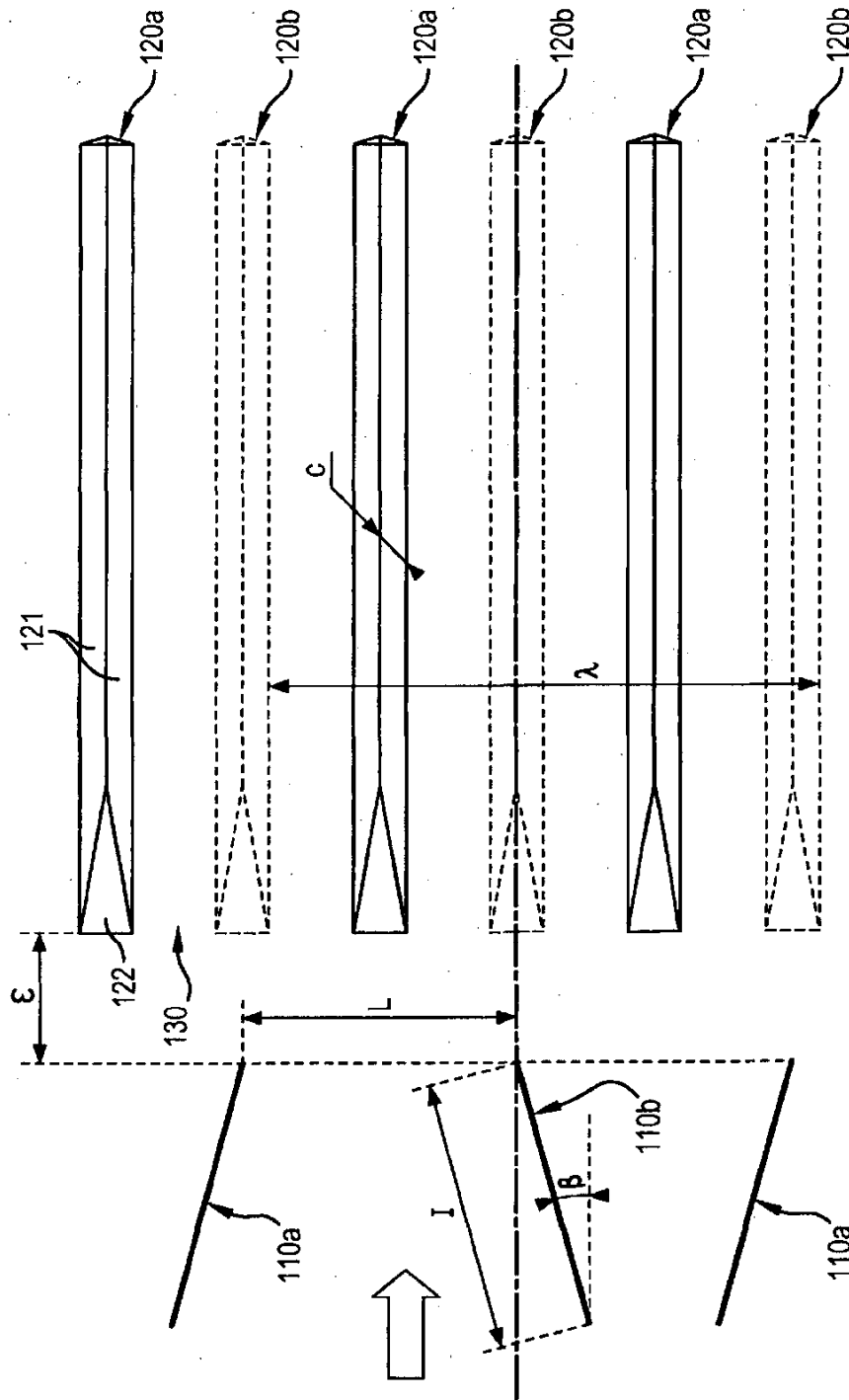


FIG. 7

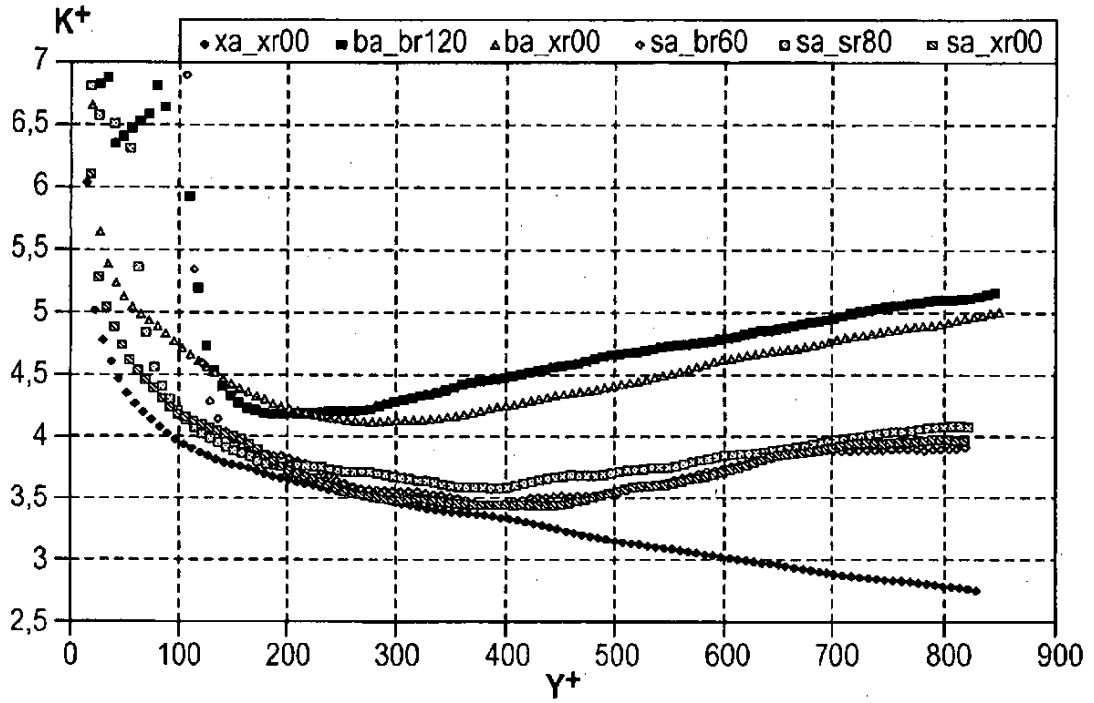


FIG. 8

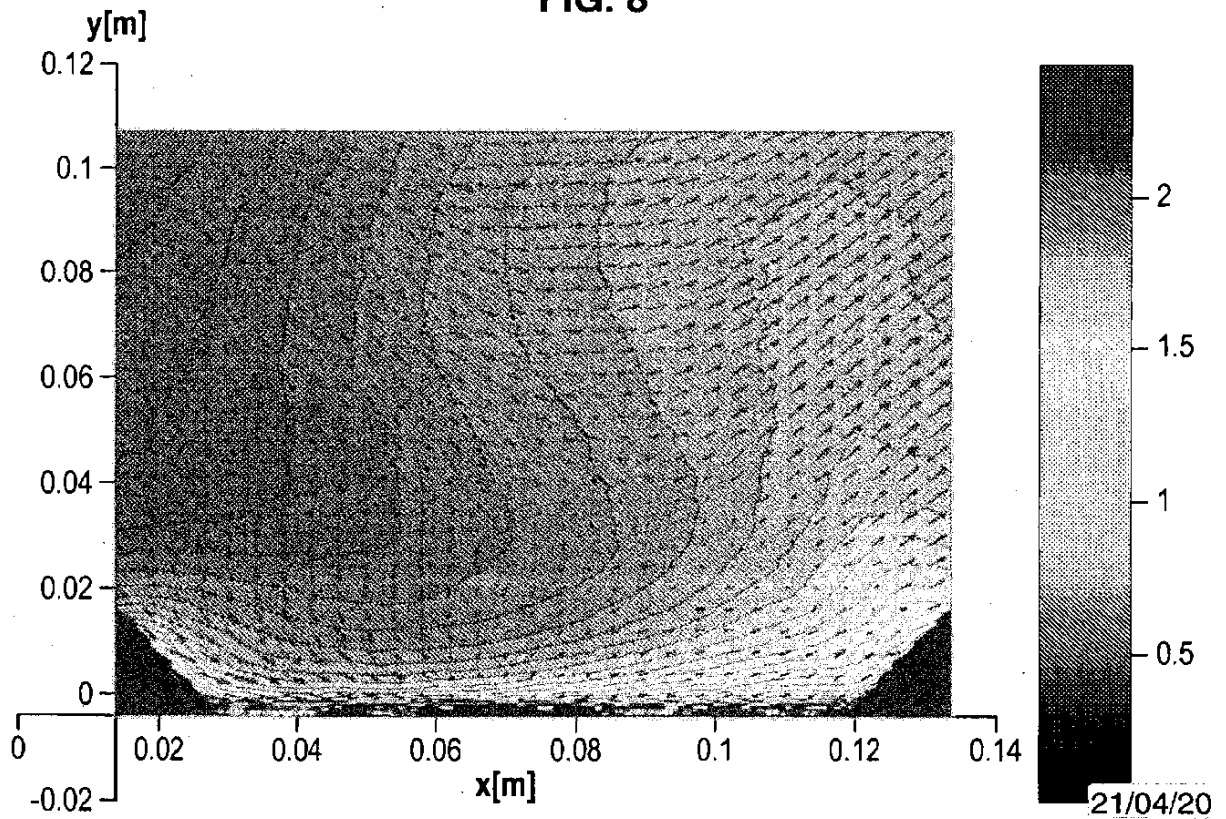


FIG. 9

