(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle
Bureau international

(43) Date de la publication internationale
10 juin 2004 (10.06.2004)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2004/048953 A1

(51) Classification internationale des brevets[7] : G01N 25/18

(21) Numéro de la demande internationale : PCT/CH2003/000788

(22) Date de dépôt international : 28 novembre 2003 (28.11.2003)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
2007/02 28 novembre 2002 (28.11.2002) CH

(71) Déposant *(pour tous les États désignés sauf US)* : **ECOLE D'INGENIEURS DU CANTON DE VAUD** [CH/CH]; Route de Cheseaux 1, CH-1401 Yverdon-Les-Bains (CH).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants *(pour US seulement)* : **EGOLF, Peter, Williams** [CH/CH]; Alle Wildeggerstrasse 5, CH-5702 Niederlenz (CH). **SARI, Osmann** [DZ/CH]; Route du Chasseur 42, CH-1008 Prilly (CH).

(74) Mandataire : **NITHARDT, Roland**; Cabinet Roland Nithardt, Y-Parc/Rue Galilée 9, CH-1400 Yverdon-Les-Bains (CH).

(81) États désignés *(national)* : CA, JP, US.

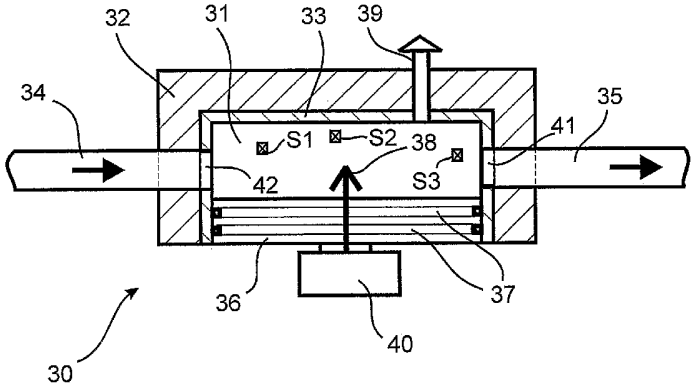
(84) États désignés *(régional)* : brevet européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

Publiée :
— *avec rapport de recherche internationale*
— *avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues*

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR MEASURING THE THERMAL CONDUCTIVITY OF A MULTIFUNCTIONAL FLUID

(54) Titre : PROCEDE ET DISPOSITIF DE MESURE DE LA CONDUCTIVITE THERMIQUE D'UN FLUIDE MULTIFONCTIONNEL



$$\frac{\partial T}{\partial t} + \alpha(k)\left[\frac{1}{k}\frac{dk}{dT}\left(\frac{\partial T}{\partial x}\right)^2 + \frac{\partial^2 T}{\partial x^2}\right] = 0 \quad (I)$$

(57) Abstract: The invention relates to a method and a device for the continuous measurement (30) of the thermal conductivity of a multifunctional fluid. The inventive method consists in: placing a sample of the multifunctional fluid in a space (31) which is defined by an inlet face and an outlet face; transmitting at least one very brief pulse of a heat flux to the sample via the inlet face, using a laser (40); measuring the heat wave at at least three points which are spaced out inside the sample; using at least three temperature sensors (S1, S2, S3) in order to determine the change in the temperature of the multifunctional fluid as a function of time at the three spaced-out points inside the sample; deducing the thermodynamic characteristics of the sample from the aforementioned temperature change and calculating the thermal conductivity from equation (I), wherein T represents temperature, k represents thermal conductivity which is dependent on temperature, t represents time, and α represents thermal diffusivity which is dependent on k and which is equal to k(T)/ρ*Cp, ρ and Cp representing mass density and specific heat.

[Suite sur la page suivante]

WO 2004/048953 A1

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

(57) Abrégé : L'invention concerne un procédé et un dispositif de mesure (30) de la conductivité thermique en continu d'un fluide multifonctionnel dans lequel l'on fait passer un échantillon du fluide multifonctionnel dans un espace (31) délimité par une face d'entrée et une face de sortie, l'on transmet à l'échantillon, à travers la face d'entrée, au moins une impulsion très brève d'un flux thermique au moyen d'un laser (40), l'on mesure l'onde de chaleur en au moins trois points espacés à l'intérieur de l'échantillon, l'on détermine à l'aide d'au moins trois sondes de température (S1, S2, S3) l'évolution de la température du fluide multifonctionnel en fonction du temps au trois points espacés à l'intérieur de l'échantillon, l'on déduit de cette évolution les caractéristiques thermodynamiques de cet échantillon et l'on calcule sa conductivité thermique à partir de l'équation (I): où: T est la température k est la conductivité thermique dépendant de la température t est le temps α est la diffusivité thermique dépendant de k et qui vaut: $k(T)/\rho*Cp$ avec p et Cp la masse volumique et la chaleur spécifique.

PROCEDE ET DISPOSITIF DE MESURE DE LA CONDUCTIVITE THERMIQUE D'UN FLUIDE MULTIFONCTIONNEL

Domaine technique

La présente invention concerne un procédé de mesure de la conductivité thermique en continu d'un fluide multifonctionnel dans lequel on fait passer un échantillon dudit fluide multifonctionnel dans un espace délimité par une première face, dite d'entrée, et une deuxième face, dite de sortie, et dans lequel on génère une élévation de la température dudit échantillon de fluide multifonctionnel et on mesure cette élévation de température.

Elle concerne également un dispositif de mesure de la conductivité thermique en continu d'un fluide multifonctionnel comportant des moyens pour faire passer un échantillon dudit fluide multifonctionnel dans un espace délimité par une première face, dite d'entrée, et une deuxième face, dite de sortie, dudit échantillon, des moyens de chauffage pour faire varier la température de cet échantillon et des moyens agencés pour mesurer la variation de cette température.

Technique antérieure

Un fluide multifonctionel est un fluide pouvant être constitué de plusieurs composants qui peuvent être à différentes phases, liquide, solide ou gazeuse. Un exemple simple de fluide multifonctionnel est le sang. D'autres fluides multifonctionnels sont par exemple les mélanges diphasiques constitués de matériaux à changement de phase, couramment appelés PCM, en suspension dans un liquide et un coulis de glace.

Pour pouvoir résoudre les divers problèmes de transfert de chaleur, les problèmes d'écoulements de fluides ou autres, les valeurs numériques des propriétés physiques et thermophysiques des fluides sont d'une grande

importance.

La conductivité thermique, en particulier, définit le degré de propagation de la chaleur dans un matériau en fonction du gradient de température. La conduction est essentiellement un transfert d'énergie sous l'effet du mouvement, notamment des vibrations des particules. Le coefficient de conduction k (W/m.K) dépend de la structure cristalline dans les solides, de l'homogénéité, de la température, de la pression, de la phase liquide, solide ou gazeuse et/ ou de la composition.

On observe que les liquides sont de meilleurs conducteurs que les gaz et les solides de meilleurs conducteurs que les liquides. La conductibilité des liquides dépend en premier lieu de leur température.

La mesure précise du coefficient de conduction est une opération difficile. En effet les matériaux que l'on utilise actuellement ne sont pas toujours semblables. Ceci conduit à des différences entre les résultats expérimentaux établis dans divers laboratoires de recherche. Ainsi la précision sur le coefficient de conduction ne dépasse pas les 5 %.

Pour des fluides simples, sans changement de phase, il existe déjà des méthodes de mesure de la conductivité thermique.

Afin de caractériser un fluide multifonctionel avec changement de phase ou non il n'existe quasiment aucune méthode directe fiable de mesure de la conductivité thermique.

La publication allemande DE 199 49 327 A1 décrit un procédé et un dispositif pour la mise en œuvre de ce procédé pour déterminer la concentration d'un gaz dans un mélange gazeux comportant plusieurs composants. Le procédé

est basé sur la mesure de la conduction thermique du mélange gazeux qui subit une élévation de température entre une valeur minimale et une valeur maximale déterminée par une fonction température/temps. L'analyse de la courbe de variation de la température en fonction du temps permet de déterminer la concentration d'un gaz contenu dans le mélange. Le dispositif comprend un capteur de température qui transmet un signal à un analyseur de Fourrier. Un tel dispositif n'est pas adapté à la mesure de la conductivité thermique d'un fluide multifonctionnel.

Exposé de l'invention

Le but de la présente invention est de pallier cet inconvénient en fournissant un procédé ainsi qu'un dispositif qui permettent de déterminer d'une façon rapide, efficace et économique les caractéristiques thermodynamiques d'un fluide multifonctionnel et d'en déduire la conductivité thermique.

Ce but est atteint par un procédé tel que défini en préambule et caractérisé en ce l'on que:

- on transmet en outre audit échantillon, à travers ladite première face d'entrée, au moins une impulsion très brève d'un flux thermique,
- on mesure la température en au moins trois points espacés à l'intérieur de cet échantillon,
- on détermine, par cette mesure, l'évolution de la température du fluide multifonctionnel en ces trois points en fonction du temps,
- on détermine, en fonction de cette évolution, les caractéristiques thermodynamiques de l'échantillon dudit fluide multifonctionnel, et
- on calcule la conductivité thermique de cet échantillon.

Selon un mode de réalisation préféré, l'on transmet lesdites impulsions de flux thermique de manière répétitive et on établit un thermogramme constitué par des courbes d'évolution de la température en fonction du temps écoulé entre

l'envoi d'un flux thermique à travers ladite première face d'entrée et l'élévation de température constatée auxdits au moins trois points espacés à l'intérieur de l'échantillon.

De façon préférentielle, l'on déduit la conductivité thermique de l'équation suivante:

$$\frac{\partial T}{\partial t} + \alpha(k)\left[\frac{1}{k}\frac{dk}{dT}\left(\frac{\partial T}{\partial x}\right)^2 + \frac{\partial^2 T}{\partial x^2}\right] = 0$$

où: T est la température

k est la conductivité thermique dépendant de la température

t est le temps

α est la diffusivité thermique dépendant de k et qui vaut: $\frac{k(T)}{\rho * Cp}$

avec ρ et Cp la masse volumique et la chaleur spécifique.

Ce but est également atteint par le dispositif tel que défini en préambule et caractérisé en ce qu'il comporte en outre des moyens agencés pour transmettre audit échantillon, à travers ladite première face d'entrée, au moins une impulsion très brève d'un flux thermique, des moyens agencés pour mesurer l'onde de chaleur en au moins trois points espacés à l'intérieur de cet échantillon, des moyens agencés pour déterminer à partir des valeurs mesurées l'évolution de la température du fluide multifonctionnel en fonction du temps auxdits points espacés à l'intérieur de l'échantillon, des moyens agencés pour déduire de cette évolution les caractéristiques thermodynamiques de l'échantillon dudit fluide multifonctionnel et des moyens agencés pour calculer la conductivité thermique de cet échantillon.

Selon un mode de réalisation préféré, lesdits moyens agencés pour faire passer un échantillon dudit fluide multifonctionnel dans l'espace délimité par lesdites première et deuxième faces comprennent une enceinte ayant une paroi

isolante et un revêtement intérieur de métal poli, qui est traversée en continu par le fluide multifonctionnel.

Lesdits moyens agencés pour transmettre audit échantillon au moins une impulsion très brève de flux thermique comportent au moins un laser.

Selon un mode de réalisation particulier, lesdits moyens agencés pour transmettre audit échantillon d'au moins une impulsion très brève de flux thermique peuvent comporter un tube émetteur.

Lesdits moyens agencés pour mesurer l'onde de chaleur ayant traversé l'échantillon comportent de préférence un tube récepteur.

Selon une construction particulièrement avantageuse, lesdits moyens agencés pour déterminer l'évolution de la température du fluide multifonctionnel en fonction du temps comportent au moins trois sondes de température agencées pour mesurer la température de l'échantillon de fluide multifonctionnel auxdits au moins trois points.

Lesdits moyens agencés pour déduire, de l'évolution de la température auxdits trois points espacés dans l'échantillon de fluide multifonctionnel, les caractéristiques thermodynamiques de cet échantillon et calculer sa conductivité thermique comprennent de préférence une unité de calcul agencée pour recevoir desdites sondes de température des signaux correspondant aux valeurs mesurées.

Description sommaire des dessins

La présente invention et ses avantages apparaîtront mieux dans la description suivante de différents modes de réalisation de l'invention, en référence aux dessins annexés, dans lesquels:

la figure 1 est un schéma de principe illustrant la mise en œuvre du procédé selon l'invention,

la figure 2 est une vue illustrant schématiquement un mode de réalisation du dispositif de l'invention,

la figure 3 est une vue en coupe d'un mode de réalisation avantageux du dispositif de l'invention, et

la figure 4 représente une vue en coupe d'une sonde de mesure utilisée dans le dispositif de l'invention.

Meilleures manières de réaliser l'invention

En référence à la figure 1, le procédé consiste tout d'abord à sélectionner un échantillon 10 d'un fluide multifonctionnel à étudier, par exemple en le faisant circuler entre deux parois 11 et 12 thermiquement isolées d'un conduit ou d'une enceinte d'une forme appropriée pour définir une première face, dite face d'entrée, 13 et une deuxième face, dite face de sortie, 14. Le fluide est soumis de préférence à une élévation de la température par des moyens habituels. En outre, on transmet à travers la première face d'entrée 13 au moins une impulsion très brève d'un flux thermique, illustrée par la flèche 15, par exemple au moyen d'un laser. Suite à cette impulsion, une onde de chaleur se propage à travers l'échantillon 10 et traverse ladite deuxième face de sortie 14. Elle est représentée par la flèche 16 et mesurée par un équipement 17. Au moins trois sondes S1, S2 et S3 espacées à l'intérieur de l'échantillon permettent de tracer la courbe de l'évolution de la température du fluide multifonctionnel en fonction du temps en fournissant un thermogramme. Une unité de calcul permet de déduire de cette évolution les caractéristiques thermodynamiques de l'échantillon dudit fluide multifonctionnel et de calculer la conductivité thermique

de cet échantillon. Le procédé comprend de préférence l'envoi répété de flashs de chaleur et la mesure est effectuée de façon répétitive.

Le dispositif 20 pour la mise en œuvre du procédé de mesure de la conductivité thermique d'un échantillon d'un fluide multifonctionnel, illustré à titre d'exemple non limitatif, sous une forme de réalisation avantageuse par la figure 2, comporte un premier tube émetteur 21 et un deuxième tube récepteur 22, disposés en regard de telle manière que l'espace séparant leurs extrémités respectives 21a et 22a définissent ladite première face d'entrée 23 et ladite deuxième face de sortie 24 de cet échantillon. Une impulsion, appelée flash de flux thermique, est émise par le tube émetteur 21, traverse l'échantillon sous la forme d'une onde de chaleur et est captée par le tube récepteur 22. Les deux tubes ont avantageusement quelques centimètres de long et un diamètre inférieur à 0,01m. Ils contiennent les composants électroniques nécessaires à la commande des impulsions et à la gestion des mesures. Ils sont respectivement montés sur deux supports 21b et 22b constitués de fils rigides conducteurs.

La figure 3 est une vue en coupe d'un dispositif 30 de mesure selon l'invention. Il comporte principalement une enceinte 31 ayant une paroi isolante 32 et un revêtement intérieur de métal poli 33. Cette enceinte est traversée en continu par un fluide multifonctionnel, tel que par exemple un coulis de glace dont on souhaite connaître la conductivité thermique. Ce fluide pénètre dans l'enceinte 31 par un conduit 34 et ressort de cette enceinte par un conduit 35. Elle est en outre équipée d'une chambre 36 contenant des éléments de chauffage 37 qui sont agencés pour faire varier la température de l'échantillon de fluide multifonctionnel. En outre des impulsions de flux thermique, représentées par une flèche 38, sont générées de préférence de manière répétitive, à travers la face d'entrée, par exemple par un laser 40,. Les ondes de chaleur générées traversent l'échantillon de fluide contenu dans l'enceinte 31, ressortent de

l'enceinte (flèche 39) et sont mesurées par au moins trois sondes de température S1, S2 et S3 espacées les unes des autres et disposées à l'intérieur de l'échantillon. L'épaisseur e de l'enceinte 31 est connue avec précision. Cette épaisseur peut être variable pour permettre de faire varier les paramètres de mesure. A cet effet, le dispositif 30 est équipé d'une instrumentation (non représentée) comportant un micromètre qui permet de déterminer avec précision l'épaisseur e de l'enceinte 31. Les deux conduits 34 et 35 sont respectivement équipés d'une vanne 41, 42 qui permet de commander l'entrée, la sortie et la circulation en continu du fluide multifonctionnel dans l'enceinte.

La sonde 50, schématiquement représentée par la figure 4, correspond à une forme de réalisation avantageuse des sondes de température S1, S2 et S3 évoquées ci-dessus. Elle combine en fait la mesure de la température et la mesure de la conductivité électrique. Elle est plongée dans un fluide multifonctionnel 51. Elle comporte un capteur de température 52 et un capteur de mesure de la conductivité électrique 53 du fluide multifonctionnel. Ces deux capteurs sont par exemple montés sur la paroi intérieure d'un élément tubulaire 54 porté par un support 55 plongeant dans le fluide multifonctionnel.

Le dispositif selon l'invention fonctionne avantageusement de la manière suivante. Des moyens, par exemple l'enceinte 31, permettent d'isoler un échantillon dudit fluide multifonctionnel. Des moyens, constitués par exemple par l'instrumentation comportant un micromètre, permettent de déterminer l'épaisseur de ladite enceinte. Des moyens, par exemple constitués par les éléments chauffants 37, permettent de générer une élévation de la température de l'échantillon. Des moyens tels que le laser 40 permettent de générer et de transmettre à l'échantillon au moins une impulsion très brève de flux thermique et de préférence une suite de telles impulsions. Des moyens tels que le tube récepteur 22, illustré par la figure 2, permettent de mesurer l'onde de chaleur

ayant traversé l'échantillon. Le capteur de température 52 de la figure 4 permet de déterminer l'évolution de la température du fluide multifonctionnel en fonction du temps. Une unité de calcul (non représentée) permet de déduire de cette évolution les caractéristiques thermodynamiques de l'échantillon dudit fluide et de calculer la conductivité thermique de cet échantillon.

Pour déterminer la conductivité thermique, il convient de résoudre l'équation de la chaleur en considérant que la conductivité thermique est une fonction dépendant de la température. Cette équation est la suivante:

$$\frac{\partial T}{\partial t} + \alpha(k)\left[\frac{1}{k}\frac{dk}{dT}\left(\frac{\partial T}{\partial x}\right)^2 + \frac{\partial^2 T}{\partial x^2}\right] = 0$$

où: T est la température

k est la conductivité thermique dépendant de la température

t est le temps

α est la diffusivité thermique dépendant de k et vaut: $\frac{k(T)}{\rho * Cp}$

avec ρ et Cp la masse volumique et la chaleur spécifique.

En discrétisant cette équation avec l'aide d'un logiciel approprié et en se servant des valeurs de conductivités thermiques données par un modèle, appelé modèle de Jeffrey, on obtient un ensemble de courbes qui constitue un thermogramme.

On peut déterminer la conductivité thermique en se servant du thermogramme qui est constitué à partir des seules données expérimentales disponibles. A cet effet, il convient de réécrire l'équation de la chaleur en faisant ressortir deux coefficients dépendants de la température :

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + b\left(\frac{\partial T}{\partial x}\right)^2,$$

dans laquelle:

$$a = \frac{k}{\rho\, c_p}, \qquad b = \frac{1}{k}\frac{dk}{dT}a\,.$$

En écrivant deux fois cette équation pour deux endroits très proches, la première à la cote x et la deuxième à la cote $x+dx$, on obtient un système de deux équations à deux inconnues. On suppose que les coefficients a et b, aux cotes x et $x+dx$ sont égaux. En mettant ce système sous forme matricielle, on peut le résoudre très simplement à l'aide d'un logiciel adéquat et retrouver la conductivité thermique de l'échantillon.

Les matériaux à changement de phase couramment appelés PCM (Phase Change Material) sont des polymères alkanes dont la température de changement de phase solide - liquide varie entre 0 et 65^0 C. Les PCM présentent un avantage pour des utilisations statiques, par exemple le stockage, et dynamiques, par exemple le transport de l'énergie thermique.

L'adjonction de microcapsules (10 μm à 1000 μm) de matériaux PCM tels que par exemple le naphtalène sous une phase solide en suspension dans un liquide donne un mélange diphasique sous forme liquide couramment appelé «PCMS» pouvant être mis en circulation par des moyens conventionnels, par exemple une pompe. Cette solution aqueuse permet de combiner de manière écologique et économique les avantages du stockage et de la distribution de l'énergie sous forme de chaleur et de froid et des systèmes indirects.

Un tel PCMS est constitué par le coulis de glace. L'adjonction de petites paillettes de glace dans une solution aqueuse donne un mélange sous forme liquide pouvant être pompé. Ce mélange donne la possibilité de combiner de manière écologique et économique les avantages du stockage du froid et du

refroidissement indirect avec le haut pouvoir frigorifique de la détente directe.

En ce qui concerne la sonde 50 en particulier, d'autres modes de construction sont envisageables. Les capteurs de température et de mesure de la conductivité existent dans le commerce. Leur disposition sur un support plongeant dans le fluide multifonctionnel pourra être adaptée en fonction des besoins et des applications.

REVENDICATIONS

1. Procédé de mesure de la conductivité thermique en continu d'un fluide multifonctionnel dans lequel on fait passer un échantillon dudit fluide multifonctionnel dans un espace délimité par une première face, dite d'entrée, et une deuxième face, dite de sortie, et dans lequel on génère une élévation de la température dudit échantillon de fluide multifonctionnel et on mesure cette élévation de température, caractérisé en ce que
   - on transmet en outre audit échantillon, à travers ladite première face d'entrée, au moins une impulsion très brève d'un flux thermique,
   - on mesure la température en au moins trois points espacés à l'intérieur de cet échantillon,
   - on détermine, par cette mesure, l'évolution de la température du fluide multifonctionnel en ces trois points en fonction du temps,
   - on détermine, en fonction de cette évolution, les caractéristiques thermodynamiques de l'échantillon dudit fluide multifonctionnel, et
   - on calcule la conductivité thermique de cet échantillon.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'on transmet lesdites impulsions de flux thermique de manière répétitive et on établit un thermogramme constitué par des courbes d'évolution de la température en fonction du temps écoulé entre l'envoi des impulsions de flux thermique à travers ladite première face d'entrée et l'élévation de température constatée auxdits trois points espacés à l'intérieur de l'échantillon.

3. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'on déduit la conductivité thermique de l'équation suivante:

$$\frac{\partial T}{\partial t} + \alpha(k)\left[\frac{1}{k}\frac{dk}{dT}\left(\frac{\partial T}{\partial x}\right)^2 + \frac{\partial^2 T}{\partial x^2}\right] = 0$$

où: T est la température

k est la conductivité thermique dépendant de la température

t est le temps

α est la diffusivité thermique dépendant de k et qui vaut: $\frac{k(T)}{\rho * Cp}$

avec ρ et Cp la masse volumique et la chaleur spécifique.

4. Dispositif de mesure de la conductivité thermique en continu d'un fluide multifonctionnel, pour la mise en œuvre du procédé selon la revendication 1, comportant des moyens agencés pour faire passer un échantillon dudit fluide multifonctionnel dans un espace délimité par une première face, dite d'entrée, et une deuxième face, dite de sortie, dudit échantillon, des moyens de chauffage pour faire varier la température de cet échantillon et des moyens agencés pour mesurer la variation de cette température, caractérisé en ce qu'il comporte en outre des moyens agencés pour transmettre audit échantillon, à travers ladite première face d'entrée, au moins une impulsion très brève d'un flux thermique, des moyens agencés pour mesurer l'onde de chaleur en au moins trois points espacés à l'intérieur de cet échantillon, des moyens agencés pour déterminer à partir des valeurs mesurées l'évolution de la température du fluide multifonctionnel en fonction du temps auxdits points espacés à l'intérieur de l'échantillon, des moyens agencés pour déduire de cette évolution les caractéristiques thermodynamiques de l'échantillon dudit fluide multifonctionnel et des moyens agencés pour calculer la conductivité thermique de cet échantillon.

5. Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce que lesdits moyens agencés pour faire passer l'échantillon dudit fluide multifonctionnel dans l'espace délimité par lesdites première et deuxième faces comprennent une enceinte (31) ayant une paroi isolante (32) et un revêtement intérieur de métal poli (33), qui est traversée en continu par le fluide multifonctionnel.

6. Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce que lesdits moyens (37) agencés pour transmette audit échantillon au moins une impulsion très brève de flux thermique comportent au moins un laser (40).

7. Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce que lesdits moyens agencés pour transmettre audit échantillon au moins une impulsion très brève de flux thermique comportent un tube émetteur (21).

8. Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce que lesdits moyens agencés pour mesurer l'onde de chaleur ayant traversé l'échantillon comportent un tube récepteur (22).

9. Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce que lesdits moyens agencés pour déterminer l'évolution de la température du fluide multifonctionnel en fonction du temps comportent au moins trois sondes de température (S1, S2, S3) agencées pour mesurer la température de l'échantillon de fluide multifonctionnel auxdits au moins trois points espacés à l'intérieur dudit échantillon.

10. Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce que lesdits moyens agencés pour déduire, de l'évolution de la température auxdits trois points espacés dans l'échantillon de fluide multifonctionnel, les caractéristiques thermodynamiques de cet échantillon et calculer sa conductivité thermique comprennent une unité de calcul agencée pour recevoir desdites sondes de température (S1, S2, S3) des signaux correspondant aux valeurs mesurées.

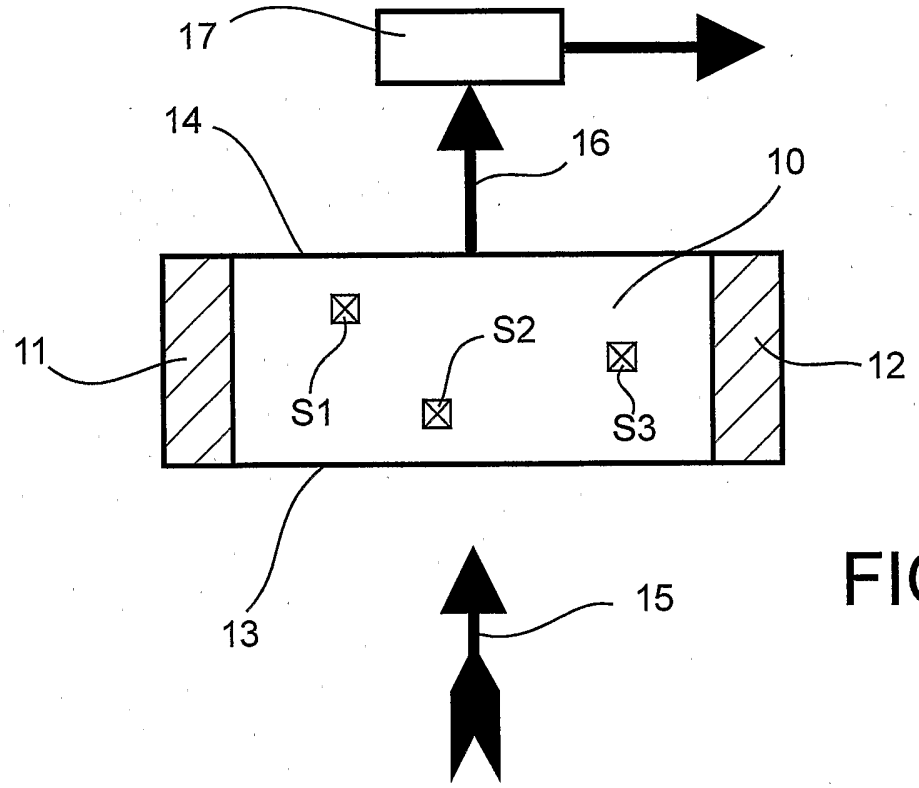


FIG. 1

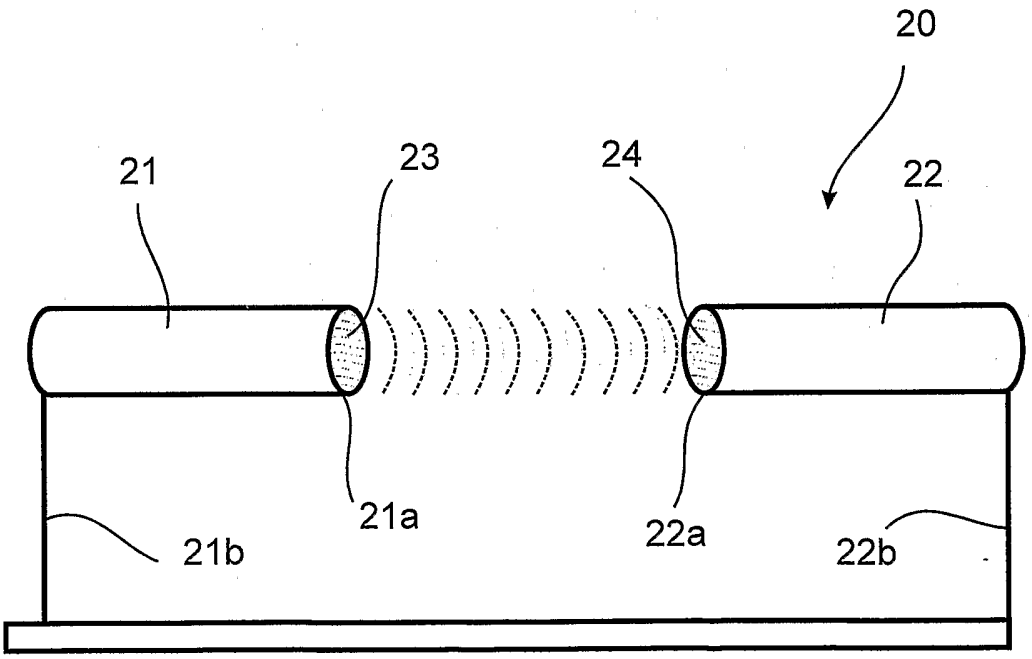


FIG. 2

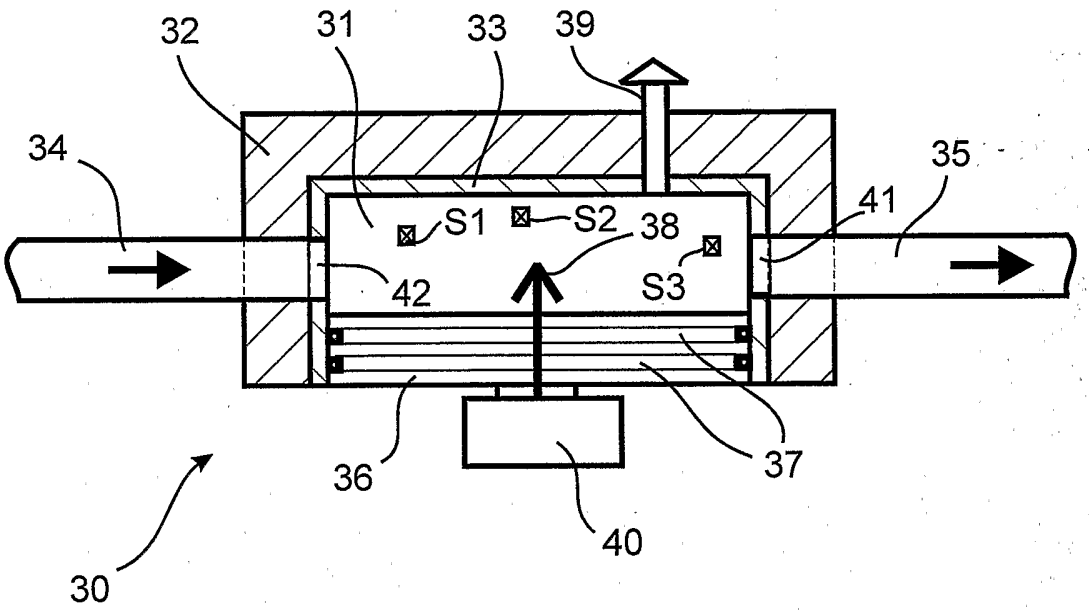


FIG. 3

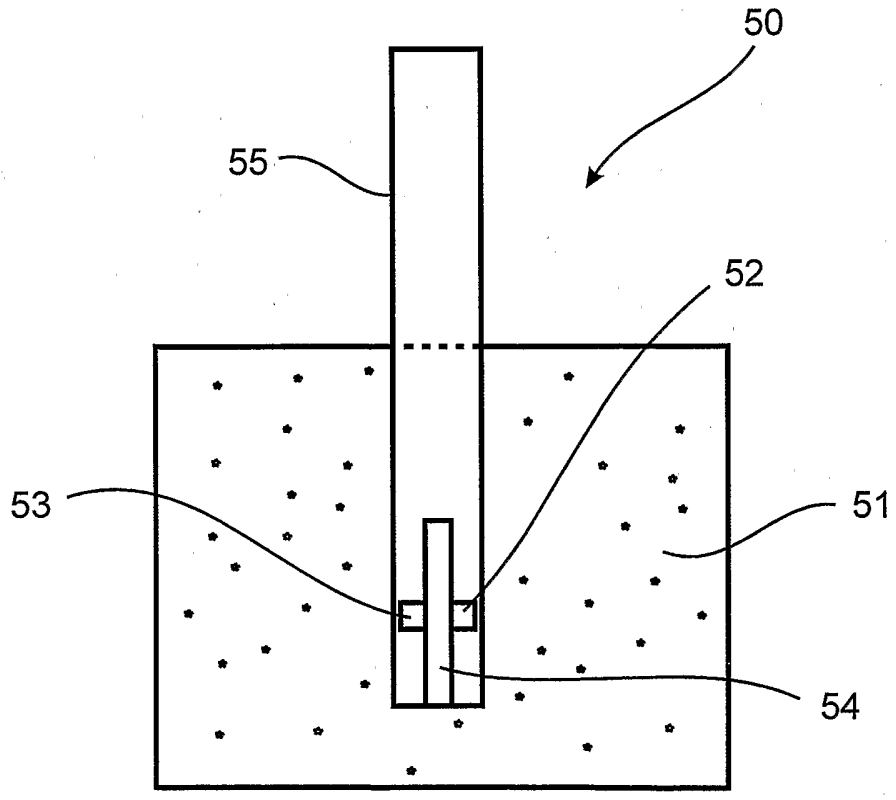


FIG. 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/CH 03/00788

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 G01N25/18

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 G01N

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)
EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	GOBBE C ET AL: "MISE EN OEUVRE DE LA METHODE FLASH POUR LA MESURE DE DIFFUSIVITE THERMIQUE SUR DES MATERIAUX LIQUIDES OU FONDUS EN FONCTION DE LA TEMPERATURE. APPLICATION AUX POLYMERES" REVUE DE PHYSIQUE APPLIQUEE, LES EDITIONS DE PHYSIQUE. PARIS, FR, vol. 24, no. 12, 1 December 1989 (1989-12-01), pages 1119-1128, XP000080289 page 1119, column 1 -page 1120, column 2 page 1121, column 2, paragraph 2.1 -page 1122, column 2 ---	1,4
Y	DE 199 49 327 A (GRUNEWALD AXEL ULRICH) 19 April 2001 (2001-04-19) cited in the application abstract; figure 1 ---	1,4
	-/--	

[X] Further documents are listed in the continuation of box C.

[X] Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
20 April 2004	28/04/2004

Name and mailing address of the ISA	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL – 2280 HV Rijswijk Tel. (+31–70) 340–2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31–70) 340–3016	Pisani, F

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (January 2004)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/CH 03/00788

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	PARKER W J ET AL: "FLASH METHOD OF DETERMINING THERMAL DIFFUSIVITY, HEAT CAPACITY, AND THERMAL CONDUCTIVITY" JOURNAL OF APPLIED PHYSICS, AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS. NEW YORK, US, vol. 32, no. 9, 1 September 1961 (1961-09-01), pages 1679-1684, XP000616804 ISSN: 0021-8979 Article de base sur le principe de la mesure par "flash laser". the whole document ---	1,4
A	HIROMICHI OHTA ET AL: "THERMAL DIFFUSIVITY MEASUREMENTS OF MOLTEN SALTS USING A THREE- LAYERED CELL BY THE LASER FLASH METHOD" REVIEW OF SCIENTIFIC INSTRUMENTS, AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS. NEW YORK, US, vol. 61, no. 10, 1 October 1990 (1990-10-01), pages 2645-2649, XP000172298 ISSN: 0034-6748 page 2654, paragraph 1 figure 2 -----	1,4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No
PCT/CH 03/00788

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 19949327 A	19-04-2001	DE 19949327 A1	19-04-2001
		WO 0127604 A1	19-04-2001
		EP 1222454 A1	17-07-2002
		US 6688159 B1	10-02-2004

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale No
PCT/CH 03/00788

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 7 G01N25/18

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)
CIB 7 G01N

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)
EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie °	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	GOBBE C ET AL: "MISE EN OEUVRE DE LA METHODE FLASH POUR LA MESURE DE DIFFUSIVITE THERMIQUE SUR DES MATERIAUX LIQUIDES OU FONDUS EN FONCTION DE LA TEMPERATURE. APPLICATION AUX POLYMERES" REVUE DE PHYSIQUE APPLIQUEE, LES EDITIONS DE PHYSIQUE. PARIS, FR, vol. 24, no. 12, 1 décembre 1989 (1989-12-01), pages 1119-1128, XP000080289 page 1119, colonne 1 -page 1120, colonne 2 page 1121, colonne 2, alinéa 2.1 -page 1122, colonne 2 ---	1,4
Y	DE 199 49 327 A (GRUNEWALD AXEL ULRICH) 19 avril 2001 (2001-04-19) cité dans la demande abrégé; figure 1 ---	1,4

-/--

[X] Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

[X] Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

° Catégories spéciales de documents cités:

"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)

"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente *pour une personne du métier*

"&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale
20 avril 2004	28/04/2004

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale	Fonctionnaire autorisé
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL – 2280 HV Rijswijk Tel. (+31–70) 340–2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31–70) 340–3016	Pisani, F

Formulaire PCT/ISA/210 (deuxième feuille) (Janvier 2004)

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale No
PCT/CH 03/00788

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie °	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	PARKER W J ET AL: "FLASH METHOD OF DETERMINING THERMAL DIFFUSIVITY, HEAT CAPACITY, AND THERMAL CONDUCTIVITY" JOURNAL OF APPLIED PHYSICS, AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS. NEW YORK, US, vol. 32, no. 9, 1 septembre 1961 (1961-09-01), pages 1679-1684, XP000616804 ISSN: 0021-8979 Article de base sur le principe de la mesure par "flash laser". le document en entier	1,4
A	HIROMICHI OHTA ET AL: "THERMAL DIFFUSIVITY MEASUREMENTS OF MOLTEN SALTS USING A THREE- LAYERED CELL BY THE LASER FLASH METHOD" REVIEW OF SCIENTIFIC INSTRUMENTS, AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS. NEW YORK, US, vol. 61, no. 10, 1 octobre 1990 (1990-10-01), pages 2645-2649, XP000172298 ISSN: 0034-6748 page 2654, alinéa 1 figure 2	1,4

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande Internationale No
PCT/CH 03/00788

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
DE 19949327 A	19-04-2001	DE 19949327 A1	19-04-2001
		WO 0127604 A1	19-04-2001
		EP 1222454 A1	17-07-2002
		US 6688159 B1	10-02-2004