



(12) FASCICULE DE BREVET

- (11) N° de publication : **MA 35316 B1** (51) Cl. internationale : **F24J 2/07; F24J 2/48**
- (43) Date de publication : **01.08.2014**

-
- (21) N° Dépôt : **36617**
- (22) Date de Dépôt : **26.12.2013**
- (86) Données relatives à l'entrée en phase nationale selon le PCT : **PCT/EP2012/062702 29.06.2012**
- (71) Demandeur(s) : **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT, Wittelsbacherplatz 2 80333 München (DE)**
- (72) Inventeur(s) : **HOWELL, Philip Clissold ; WALTER, Steffen**
- (74) Mandataire : **SABA & CO**

-
- (54) Titre : **RÉCEPTEUR SOLAIRE CONÇU POUR UNE INSTALLATION HÉLIOTHERMIQUE ET INSTALLATION HÉLIOTHERMIQUE**
- (57) Abrégé : L'invention concerne un récepteur solaire conçu pour une installation héliothermique, constitué d'hexaborure d'ytterbium (YbB₆). L'installation héliothermique est pourvue d'un tel récepteur solaire.

Abrégé:

L'invention concerne un récepteur solaire conçu pour une installation héliothermique, constitué d'hexaborure d'ytterbium (YbB_6). L'installation héliothermique est pourvue d'un tel
5 récepteur solaire.

|

35316
01 AOUT 2014

RÉCEPTEUR SOLAIRE CONÇU POUR UNE INSTALLATION HÉLIOTHERMIQUE ET INSTALLATION HÉLIOTHERMIQUE

5 **Description:**

L'invention concerne un récepteur solaire conçu pour une installation héliothermique et une installation héliothermique.

10 Dans les installations héliothermiques, la lumière solaire est captée au moyen de réflecteurs et réfléchi sur un récepteur solaire. Les récepteurs solaires comprennent un matériau absorbant, qui absorbe la lumière solaire concentrée, et en raison d'énergie solaire absorbée dans le processus, il chauffe un caloporteur à l'intérieur du récepteur solaire.

15 Cependant, dans les installations héliothermiques, non seulement le caloporteur qui est chauffé. En outre, le récepteur solaire avec un matériau absorbant est chauffé, avec le résultat que le récepteur émet un rayonnement thermique solaire dans l'environnement. Cette émission de rayonnement thermique réduit le rendement énergétique d'un récepteur solaire et donc l'efficacité d'une installation héliothermique. L'émission de rayonnement thermique provenant de l'absorbeur à l'environnement doit être maintenue à un minimum.

20 Les récepteurs solaires connus qui fonctionnent à des températures aussi basses que le rayonnement thermique émis par l'absorbeur et le rayonnement de la lumière du soleil sont séparés spectralement dans une mesure suffisante. À cet égard, à partir du rayonnement solaire dans l'intervalle de longueur d'onde de $0.3 \mu\text{m}$ à $2.5 \mu\text{m}$ empiète généralement sur la surface de la terre. Le récepteur solaire, cependant, dans l'opération a une température de 350°C typiquement ou 400°C et donc émet un rayonnement thermique dans l'intervalle de longueurs d'onde de 2 à $20 \mu\text{m}$ ou de $1,5$ à $20 \mu\text{m}$. Dans de tels cas, l'absorbeur peut être

25 réalisé sous la forme d'un absorbeur de sélectivité spectrale en ce qui concerne la matière absorbante, c'est à dire le matériau forme un bon absorbant aux longueurs d'onde du rayonnement solaire et un médiocre émetteur aux longueurs d'onde du rayonnement thermique.

30 A des températures de fonctionnement plus élevées de récepteurs solaires, cependant, le spectre de la lumière solaire incidente et le rayonnement thermique de l'absorbeur ne sont pas séparés dans une mesure suffisante. Par conséquent, les matériaux absorbants connus jusqu'à présent ont émis une quantité indésirablement grande de l'énergie thermique à grandes longueurs d'ondes et/ou ont absorbé une petite quantité indésirable d'énergie de rayonnement dans le longueur d'onde spectrale de la lumière du soleil. En ce qui concerne le matériau

35 absorbant seul, les capteurs solaires ont par conséquent un rendement énergétique trop faible ou ne fonctionnent pas avec des pertes suffisamment faibles.

Par conséquent, il a été jusqu'à présent nécessaire de prévoir des matériaux absorbants avec des structures de couches de matériaux optiquement minces qui influencent l'émission et/ou l'absorption du rayonnement au moyen d'effets d'interférence. A cet égard, il est connu, par exemple, de fournir des récepteurs solaires avec des miroirs de Bragg. Cependant, même dans
5 le cas de capteurs solaires ayant une structure en couches, l'émission spectrale et/ou le profil d'absorption ne peut pas être ajusté arbitrairement, mais est limité par le degré d'ajustement des propriétés optiques des matériaux des couches individuelles et par le nombre de couches.

Comme alternative à ces structures de couches, des récepteurs solaires connus présentent une couche individuelle de cermet pour utiliser les effets d'interférence. Une telle couche de
10 cermet, c'est-à-dire une couche composée d'une substance céramique-métal ou en composite de céramique-oxyde de métal, dans ce cas a des lots métalliques ou d'oxyde métallique dans une couche de céramique. Le rayonnement électromagnétique qui pénètre dans la couche de cermet est dispersée au niveau desdites lots. Dans ce cas, le rayonnement diffusé par différents lots peut interférer de manière appropriée étant donné un choix convenable de la distance
15 moyenne de ces lots.

Par conséquent, un objet de l'invention est de fournir un capteur solaire perfectionné pour des systèmes d'énergie solaire thermique. En particulier, le récepteur solaire est destiné à avoir un rendement énergétique supérieur. En particulier, le récepteur solaire doit avoir un rendement énergétique supérieur.

20 Il est en outre un but de l'invention de fournir un système solaire thermique amélioré ayant un rendement énergétique amélioré en comparaison avec l'art antérieur.

Il est en outre un but de l'invention de fournir un système solaire thermique amélioré ayant un rendement énergétique amélioré en comparaison avec l'art antérieur.

25 Ce but est atteint au moyen d'un capteur solaire, comprenant les caractéristiques spécifiées dans la revendication 1 et au moyen d'un système d'énergie solaire thermique comprenant les caractéristiques spécifiées dans la revendication 12. Des développements préférés de l'invention sont évidents à partir des revendications dépendantes associées, de la description qui suit et du dessin.

30 Le récepteur solaire selon l'invention pour un système d'énergie solaire thermique est formé avec ytterbium hexaborure (YbB_6). Dans ce cas, l'ytterbium hexaborure forme avantageusement un matériau absorbant du récepteur solaire selon l'invention. Le récepteur solaire selon l'invention peut être réalisé en particulier avec de faibles pertes et avec un rendement énergétique élevé par rapport aux récepteurs solaires conformément à l'art antérieur.

35 À cet égard, une augmentation du rendement énergétique des récepteurs solaires dans des systèmes d'énergie solaire thermique peut être réalisée avec précision si le récepteur solaire peut être utilisé avec une température de fonctionnement plus élevée. En effet, la température plus élevée résultante de l'agent caloporteur donne lieu à un rendement énergétique nettement plus élevé dans la production d'énergie.

Un rendement énergétique particulièrement élevé d'un récepteur solaire nécessite des températures de fonctionnement du récepteur solaire de 500°C ou plus. Toutefois, des matières absorbantes connues jusqu'à présent ont des bords d'émissivité de 2,0 μm à 2,5 μm , c'est-à-dire l'émission de rayonnement thermique du matériau absorbant est suffisamment efficacement supprimée uniquement aux longueurs d'onde au-delà de 2 μm . Cependant, étant donné que l'émission de rayonnement thermique dépend de la température, les matériaux absorbants connus peuvent être utilisés d'une manière efficace que jusqu'à une température de 450°C. En effet, à des températures plus élevées, même à des longueurs d'onde plus courtes par rapport à la position spectrale des bords d'émissivité précitées, beaucoup le rayonnement thermique se produit.

Ytterbium hexaborure, en revanche, présente un bord d'émissivité à une longueur d'onde qui est significativement inférieure à 2 μm . A cet égard, l'ytterbium hexaborure a un bord tranchant de l'émissivité à 1,5 μm , dans lequel la réflectivité de l'ytterbium hexaborure est de 0,8 ou plus à des longueurs d'onde supérieures à 2 μm et de 0,2 ou moins à des longueurs d'onde inférieures à 1,5 μm . Par conséquent, en ce qui concerne son émission spectrale et des propriétés d'absorption de l'ytterbium hexaborure est nettement mieux adaptée à l'exigence de hautes températures de fonctionnement des récepteurs solaires. En conséquence, un récepteur solaire comprenant ytterbium hexaborure peut fonctionner à des températures de fonctionnement sensiblement plus élevées, en particulier à des températures supérieures/égales à 500 °C et de préférence à des températures supérieures/égales à 600 °C, en ce qui concerne l'émission et l'équilibre d'absorption et, par conséquent, avec un rendement énergétique élevé. En outre, l'ytterbium hexaborure, même à des températures de fonctionnement mentionnées ci-dessus, présente une stabilité thermique nettement supérieure. En d'autres termes, l'ytterbium hexaborure forme un absorbeur sélectif spectralement significativement amélioré par rapport aux absorbeurs sélectifs connus, à des températures élevées de l'absorbeur.

Dans une élaboration préférée de l'invention, le récepteur solaire a une structure de couche ou d'une couche, en particulier formée avec cermet

En particulier, le récepteur solaire a un miroir de Bragg, dans lequel le miroir de Bragg est de préférence forme une partie d'une structure en couches comme mentionné ci-dessus. Une telle structure de couche comportant un miroir de Bragg permet de réduire encore l'émissivité, c'est-à-dire l'émission thermique, à des longueurs d'onde au-delà du bord de l'émissivité. En conséquence, le rendement énergétique du récepteur solaire selon l'invention est encore accru dans ce développement de l'invention.

De même, de préférence, une structure en couche composée exactement de deux couches est présente au lieu d'un miroir de Bragg. Dans ce cas, les paramètres géométriques et matériels de ces couches, en particulier, leurs épaisseurs et indices de réfraction, sont avantageusement choisis de manière à ce que l'émissivité de l'absorbeur est encore augmentée.

Dans un développement également préférée de l'invention, dans le récepteur solaire selon l'invention, une couche individuelle est présente à la place de ou en place de la structure de

couche. En particulier, la couche est une couche de cermet, c'est à dire une couche comprenant une céramique-métal ou céramique-métal de l'oxyde de substance composite. Avantageusement, la couche de cermet a de lots formés avec le métal en une couche et/ou des lots de céramique formés avec de la céramique dans une couche de métal ou d'oxyde métallique. Dans ce développement de l'invention, le rayonnement qui pénètre dans la couche de cermet est dispersé dans les lots de la couche de cermet. Avantageusement, l'espacement moyen et de préférence également la distribution des distances entre les lots les uns des autres sont choisis de façon à ce que l'émissivité de l'absorbeur est réduite au niveau des longueurs d'onde du rayonnement thermique.

De préférence, dans ce cas, au moins une partie de l'hexaborure de l'ytterbium du récepteur solaire forme au moins une partie de la couche ou de la structure de couche. Avantageusement, ladite partie est située à l'intérieur de la structure de couches et forme, en particulier, la couche la plus interne de la structure de couche. Avec davantage de préférence, ladite partie est entourée de préférence entièrement sur la circonférence de la structure de couche ou de la couche. De cette manière, la structure en couches peut être réalisée sous la forme d'un filtre spectral qui réduit encore l'émissivité de longueurs d'onde du rayonnement thermique d'origine du récepteur solaire. En principe, le longueur d'onde dans lequel l'émissivité est en outre réduite dans le cas présent peut être choisi librement à l'aide des paramètres de la structure de couche d'une manière connue en soi. Précisément dans le cas de la solution selon l'invention, cependant, la couche ou la structure de la couche peut être réalisée de manière particulièrement avantageuse, en particulier particulièrement simple, par exemple, avec notamment peu ou pas parfaitement précisément incarné couches, étant donné que le spectre de l'ytterbium hexaborure de l'émissivité est déjà particulièrement approprié adapté au spectre d'un absorbeur sélectif idéal . Par conséquent, les exigences techniques en la réalisation du système de couche ou de la couche dans cette réalisation de l'invention sont sensiblement réduites par rapport à l'art antérieur. En particulier, la structure en couches peut être réalisée selon l'invention, par rapport à l'art antérieur, avec une réduction du nombre de couches ou d'une couche mince telle que, par exemple, une couche de cermet, ce qui fait que les coûts de production sont nettement réduites En outre, la réduction des besoins en la forme de réalisation de la structure de couche ou couche signifient qu'une sélection significativement plus large de matériaux peut être utilisée pour la couche ou les mettant en œuvre la structure de couche . Par conséquent, la structure de couche peut être convenablement adapté à d'autres exigences techniques ou économiques. En particulier, une adaptation en ce qui concerne la stabilité thermique ou à l'égard de la réduction des coûts de production peut être effectuée .

Avantageusement, le capteur solaire selon l'invention est formé d'un matériau non- oxydant ou faiblement et/ou lentement oxydant et/ou le récepteur solaire a un revêtement composé

d'un matériau non- oxydant ou faiblement et/ou oxydant . Particulièrement avantageusement et comme alternative ou en plus des récepteurs solaires décrits ci-dessus ayant une structure en couches, au moins une partie de la structure de la couche du récepteur solaire, au moins une couche externe de la structure de couches , est formée avec ou composé d'un matériau non oxydant, de l'hexaborure de préférence ytterbium oxydant. A cet égard , l'ytterbium hexaborure s'oxyde difficilement à des températures d'au moins 700 °C dans de l'oxygène . En comparaison avec ce dernier, de revêtements de couches de matériau absorbeur précédemment connus dans les récepteurs solaires réagissent fortement avec de l'oxygène à des températures de fonctionnement usuelles. En ce qui concerne ce que, jusque-là le matériau absorbant du récepteur a dû être encapsulé et évacué à vide poussé . Généralement , le vide doit être maintenu à un degré élevé pendant une durée de vie d'environ 20 ans . Toutefois, si un revêtement ou une couche et/ou la structure de la couche du matériau absorbant est formé avec des non- oxydante ou faiblement et/ou lentement matériau d'oxydation, puis d'une encapsulation et de l'évacuation de la matière absorbante peut se passer .

15 Précisément en raison des possibilités de sélection considérablement supérieures pour les matériaux pour porter la couche ou structure en couche comme expliqué ci-dessus, selon l'invention, il est également possible d'utiliser des agents tensioactifs non-oxydant ou des matériaux faiblement et/ou lentement oxydant pour former le récepteur solaire. Dans ce contexte, les matériaux faiblement et ou lentement oxydants représentent de tels matériaux

20 qui sont stables à l'oxygène sur une période d'au moins un ans, de préférence au moins cinq et en particulier au moins 20 ans, à une température de 500°C, de préférence 600°C, et idéalement 700 °C.

De préférence, le récepteur solaire selon l'invention comporte une chambre qui est transparente dans le domaine spectral visible, dans lequel l'hexaborure de l'ytterbium est

25 disposé au moins partiellement et de préférence complètement dans la chambre. Il existe des pertes par convection et donc les pertes d'efficacité peuvent être réduites de manière significative de cette manière. Dans ce cas, d'une manière appropriée, la chambre transparente est réalisée sous forme au moins partiellement cylindrique et/ou tubulaire. De manière convenable, la chambre est formée avec du verre d'une manière connue en soi.

30 Avantageusement, la chambre qui est transparente dans le domaine spectral visible est au moins partiellement évacuée de gaz. Pertes par convection et donc les pertes d'efficacité d'un récepteur solaire et d'un système d'énergie solaire thermique formé avec le récepteur solaire selon l'invention peuvent être réduites de manière significative de cette manière. Dans ce cas, "au moins en partie de gaz évacué" signifie dans ce contexte que au moins une partie de la

35 chambre est et /ou évacuée d'au moins un composant d'un gaz ou d'un mélange de gaz évacué de gaz, en particulier de l'oxygène évacué. Dans cette dernière réalisation de l'invention, les

matériaux plus rapides et/ou plus fortement oxydants peuvent également être utilisés d'une manière connue en soi.

Le système d'énergie thermique solaire selon l'invention comprend un récepteur solaire tel que cela a été décrit ci-dessus. Par conséquent, le système d'énergie thermique solaire selon l'invention peut être réalisé avec un rendement énergétique élevé par rapport à l'art antérieur.

Idéalement, le système d'énergie thermique solaire selon l'invention est conçu pour le fonctionnement du récepteur solaire à des températures supérieures/égales à 500°C, et en particulier à des températures de supérieures/égales à 600°C, et de manière particulièrement avantageuse à des températures supérieures/égales à 700°C. De manière appropriée, des surfaces de capteurs, le degré de focalisation et les dimensions géométriques du récepteur solaire dans le système thermique de l'énergie solaire selon l'invention sont conçus pour atteindre une ou plusieurs des températures mentionnées ci-dessus, par exemple à la manière d'une ou plusieurs températures de fonctionnement prévus.

L'adéquation de l'ytterbium hexaborure comme un absorbeur sélectif est expliquée plus en détail ci-après avec référence au dessin.

La figure 1, la figure unique du dessin, montre un spectre d'ytterbium hexaborure (YbB_6) de réflectivité, (prise avec modification de "Lampe à incandescence à filament constituée d'un hexaborure d'un matériau de terre rare", E. Kauer, le brevet US 3399321).

La réflectivité R de l'ytterbium hexaborure est représentée comme une courbe en trait plein C en fonction de la longueur d'onde λ du rayonnement électromagnétique dans la figure 1. L'indication de la réflectivité R est indiquée en pourcentage sur l'axe vertical de la figure 1. Comme illustré sur la figure 1, aux longueurs d'onde λ (axe des abscisses, tracées en μm , illustrés par l'indication « $[\mu\text{m}]$ » sur le dessin) de moins de 1,5 μm , l'hexaborure ytterbium a une faible réflectivité R (R est inférieur/égal à 40% dans les longueurs d'ondes et inférieure/égale à 20% pour les longueurs d'onde inférieures à 1,5 μm et supérieure/égale à 1 μm).

La réflectivité R est liée à l'émissivité E de manière connue en soi au moyen de la relation

$$R = 1 - E$$

(1).

Par conséquent, l'hexaborure ytterbium a une émissivité élevée (émissivité supérieure/égale à 60%) à des longueurs d'onde λ de moins de 1,5 μm . L'absorbance de l'ytterbium hexaborure est une variable identique à l'émissivité d'ytterbium hexaborure. Par conséquent, l'hexaborure ytterbium a une forte absorption à des longueurs d'onde inférieures à 1,5 μm . L'ytterbium hexaborure forme donc un absorbeur efficace dans la gamme de longueurs d'onde mentionnée.

Comme on peut noter par le dessin, pour des longueurs d'onde supérieures/égales à 1,5 μm , la réflectivité ($R \approx 80\%$ pour les longueurs d'onde de supérieur/égal à 2 μm) est élevée et l'émissivité est donc extrêmement faible. En conséquence, l'ytterbium hexaborure forme simultanément un émetteur pauvre, n'est pas très efficace pour le rayonnement dans la gamme des longueurs d'onde supérieures à λ /égales à 1,5 μm et en particulier de longueurs d'onde supérieures à λ / égale à 2 μm , c'est-à-dire pour le rayonnement le niveau du rayonnement thermique.

Les domaines spectraux de haute et basse réflectivité R et donc les es longueurs d'onde de l'émissivité et l'absorption de l'ytterbium hexaborure basse et haute, comme illustré dans la figure 1, sont reliés par un bord d'émissivité spectrale forte S situé à des longueurs d'onde λ de l'ordre de 1,5 μm . Dans la région du bord de l'émissivité E , l'émissivité et l'absorbance de l'ytterbium hexaborure dépendent très fortement de la longueur d'onde λ .

Revendications :

1. Un récepteur solaire pour un système d'énergie solaire thermique,
caractérisé
en ce qu'il est formé à l'ytterbium hexaborure.
- 5 2. Le récepteur solaire selon la revendication 1,
caractérisé
en ce qu'il présente une structure en couches ou une couche, en particulier formée avec
cermet.
- 10 3. Le récepteur solaire selon l'une des revendications précédentes,
caractérisé
en ce qu'il comporte un miroir de Bragg.
4. Le récepteur solaire selon les revendications 2 et 3,
caractérisé
en ce que le miroir de Bragg est une partie de la structure de couche.
- 15 5. Le capteur solaire selon l'une quelconque des revendications précédentes,
caractérisé
en ce qu'au moins une partie des ytterbium hexaborure forme au moins une partie de la
couche ou de la structure en couches, en particulier une partie interne de la structure de
couche.
- 20 6. Le capteur solaire selon l'une des revendications précédentes,
caractérisé
en ce qu'il est formé, en particulier revêtu, d'un matériau non-oxydant ou faiblement et/ou
lentement oxydant .
7. Le capteur solaire selon l'une des revendications précédentes,
25 caractérisé

en ce qu'il comporte une chambre qui est transparente dans le domaine spectral visible, et l'hexaborure de l'ytterbium est disposé au moins partiellement dans la chambre.

8. Le capteur solaire selon l'une des revendications précédentes,

5 Caractérisé en ce que la chambre qui est transparente dans le domaine spectral visible est réalisée sous forme au moins partiellement cylindrique et/ou tubulaire.

9. Le capteur solaire selon l'une des revendications précédentes,

caractérisé

en ce que la chambre qui est transparente dans le domaine spectral visible est formée avec du verre.

10 10. Le capteur solaire selon l'une des revendications précédentes,

caractérisé

en ce que la chambre qui est transparente dans le domaine spectral visible est au moins en partie composée d'un gaz inerte évacué.

11. Le capteur solaire selon l'une des revendications précédentes,

15 caractérisé

en ce que la chambre qui est transparente dans le domaine spectral visible est au moins en partie composée de l'oxygène évacué.

12. Un système d'énergie solaire thermique,

caractérisé

20 en ce qu'il comporte un récepteur solaire selon l'une des revendications précédentes.

13. Le système d'énergie solaire thermique selon l'une des revendications précédentes,

caractérisé

25 en ce qu'il est conçu pour le fonctionnement du récepteur solaire à des températures supérieures/égales à 500 °C, en particulier à des températures supérieures/égales à 600 °C, de préférence à des températures supérieures/égales à 700 °C.

J

PCT/EP2012/062702
2011P12904WOUS

1/1

