ROYAUME DU MAROC

OFFICE MAROCAIN DE LA PROPRIETE INDUSTRIELLE ET COMMERCIALE
---

(19)

المملكة المغربية

المكتب المغربي للملكية الصناعية و التجارية
---

(12) FASCICULE DE BREVET

(11) N° de publication :
MA 35331 B1

(43) Date de publication :
01.08.2014

(51) Cl. internationale :
H01S 5/026; F24J 2/07; G02B 6/42; H01L 31/04

(21) N° Dépôt :
36723

(22) Date de Dépôt :
03.02.2014

(30) Données de Priorité :
05.07.2011 ES P201131142

(86) Données relatives à l'entrée en phase nationale selon le PCT :
PCT/ES2012/070480 28.06.2012

(71) Demandeur(s) :
ABENGOA SOLAR NEW TECHNOLOGIES, S. A., Campus Palmas Altas C/ Energía Solar, 1 E-41014 Sevilla (ES)

(72) Inventeur(s) :
NUÑEZ BOOTELLO, Juan Pablo ; GALLAS TORREIRA, Manuel

(74) Mandataire :
ABU-GHAZALEH INTELLECTUAL PROPERTY TMP AGENTS

(54) Titre : **CENTRALE SOLAIRE**

(وحدة طاقة شمسية)

الملخص

يتعلق الاختراع الحالي بوحدة طاقة شمسية تمكّن من تحويل الطاقة الشمسية باستغلال معظم الطيف الشمسي بنتائج فعالة جداً. وتشتمل هذه الوحدة على: مجمّع شمسي واحد على الأقل (11) مزود بوحدة تركيز، ومهيأ لتجميع الإشعاع الشمسي وتركيزه في وحدة التركيز؛ جهاز ليزر شمسي (10) لتحويل الإشعاع الذي تم استقباله من وحدات التركيز إلى إشعاع ليزر، ومستقبل (1) و/أو مفاعل شمسي (21) مهيأ لاستقبال الإشعاع من جهاز الليزر (10) وتحويله إلى صورة أخرى للطاقة. وعلاوة على ذلك، قد تتضمن الوحدة موجهات مرنة للضوء (8) أو مرايا مستوية (26) لنقل الإشعاع الذي تم استقباله من جهاز الليزر إلى المفاعل الشمسي (21) و/أو المستقبل (1)؛ كما يمكن أن تتضمن الوحدة خلايا فلطائية ضوئية (18) موزعة بين المجمّعات وأجهزة الليزر لتحويل الإشعاع المركَّز إلى كهرباء والسماح للإشعاع الذي لم تقم بتحويله بالمرور إلى أجهزة الليزر.

MA 35331B1

35331
01 AOUT 2014

(وحدة طاقة شمسية)

(الوصف الكامل)

المجال التقني:

يمكن أن يندرج الاختراع الحالي ضمن مجال التقنية الشمسية. ويتعلق الاختراع بوحدة طاقة شمسية والتي تمكّن من تحويل جزء أكبر من طيف الإشعاع الشمسي الساقط إلى طاقة كهربية أو حرارية.

الخلفية التقنية:

يفرض إستغلال الطاقة الشمسية عدة تحديات. تتمثل إحداها في احتجاز وتركيز تلك الطاقة الشمسية، وهذا الأمر تم بحثه على نطاق واسع، وتم تطويره ويتم تطبيقه حالياً. وبهذا الخصوص، يتمثل التحدي أمام وحدات الطاقة الشمسية في: تعظيم النسبة C_{max}/C لمجمعات وحدات التركيز (حيث C هي التركيز و $C_{max} = 1$ /جيب (نصف التلقي) هي أقصى تركيز نظري)، لتقليل الفقودات الهندسية إلى أدنى حد - تأثير جيب التمام، الظلال والموانع بين المتتبعات -، الفقودات الضوئية والحرارية، ولتقليل تكاليف الوحدة إلى مستويات تجعل التقنية تنافسية نسبةً إلى مصادر الطاقة الأخرى. وعلى نحو هام، يسمح تعظيم التركيز بتقليل الفقودات الحرارية في الوحدة، وتقليل تكلفة أجهزة الاستقبال (نمطياً حرارية شمسية أو فلطائية ضوئية) و/أو زيادة درجات حرارة التشغيل النمطية للموائع الناقلة للحرارة أو المفاعلات للحصول على أنواع وقود شمسي.

ويتمثل تحدٍ عظيم آخر في تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربية. وحالياً، يوجد طريقين تجاريين رئيسيين:

1- التقنية الفلطائية الضوئية: وتتضمن تحويل الإشعاع الكهرومغناطيسي الشمسي مباشرة إلى كهرباء من خلال مواد من أشباه الموصلات باستخدام خلايا فلطائية ضوئية. وهي تقنية تتطور باستمرار تتميز بإمكانية التحسين بدرجة كافية بحيث تفوق كفاءة وحدات القدرة الحرارية الشمسية، وذلك بفضل الاستخدام الإضافي لمواد متطورة. ومع ذلك، فإنه يعيبها أنها غير قابلة للإدارة، ويوجد مدى طول موجي عند تجاوزه تصبح الخلايا الفلطائية الضوئية غير قادرة على تحويل كل الطاقة من الفوتونات إلى طاقة كهربية، وعند قيم أقل منه تفقد الطاقة الزائدة التي يتم نقلها بواسطة الفوتون في صورة حرارة.

2- التقنية الحرارية الشمسية: وتتضمن تسخين مائع ناقل للحرارة وتوليد الكهرباء في توربين عبر دورة رانكين، دورة برايتون، محرك ستيرلينج أو غير ذلك، أو أيضاً إحداث تفاعل للحصول على الهيدروجين مباشرة من الماء عند درجات حرارة تصل إلى 2000 °م باستخدام مواد ثالثة (الزنك وغير ذلك) أو عمليات بديلة (دورةS-I، دورة الكبريت واليود)؛ الأمونيا من النيتروجين والهيدروجين؛ أي وقود شمسي آخر. وهذه أيضاً تقنية تتطور باستمرار. ولا تظهر فيها السلبية المذكورة أعلاه الخاصة بالتقنية الفلطائية الضوئية، لكن يعيبها مشكلات أخرى تمت مناقشتها أدناه. ومن المتوقع حالياً أن وحدات المستقبل المركزية من النوع البرجي سوف تسمح، بدلالة الوسط، بتحسين كل من كفاءة وتكلفة التقنيات التجارية الأخرى المتوفرة في السوق لوحدات إنتاج الكهرباء الكبيرة في حدود عشرات أو بضعة مئات من الميجا وات. ومع ذلك، فإن وحدات المستقبل المركزية تعاني مما يسمى تأثير جيب التمام (تأثير خفض المساحة العاكسة الفعالة للمرآة بسبب الزاوية المتكونة بواسطة الأشعة نسبةً إلى الخط العمودي على السطح العاكس المذكور)، الانعكاسات في المستقبل، الفقودات من الإنفاذية والظواهر الأخرى التي تحد

من كفاءتها عند مقارنتها بإمكانيات التقنية الفلطائية الضوئية.

وبدلالة توليد الطاقة التي يتم توزيعها أو تسويقها مقاسة بعشرات الكيلو وات، تعتبر أطباق ستيرلينج أحد الحلول التي تحت التطوير والتي ما تزال مكلفة لكنها تبدو واعدة. ويتمثل أحد الأمور التي تجعل هذه التقنية مكلفة بهذه الصورة في ضرورة تثبيت محرك كابولي ثقيل عند مركز وحدة التركيز.

وما يميزها مقارنةً بالوحدات الفلطائية الضوئية، نجد أن التقنية الحرارية الشمسية تتمتع قصور ذاتي حراري، القدرة على التهجين والقدرة على تخزين الحرارة.

ويمكن التخلص من القيود على وحدات المستقبل الحراري الشمسي باستخدام موجّهات للضوء لنقل الضوء المركز. ويعد توجيه ضوء الشمس المركز مع تقليل الفقودات من منطقة الاستقبال إلى منطقة المعالجة إلى الحد الأدنى تحدياً كبيراً آخر. وعلاوة على هذا، ينقسم التحدي إلى شقين: من ناحية تطوير موجّهات للضوء بمواد قادرة على إرسال العرض الطيفي بالكامل لضوء الشمس، ومن ناحية أخرى، استخدام موجّهات للضوء تكون متناسبة مع المجمّعات المتطورة (عناصر بصرية لا تقوم بالتصوير) وتسمح بتركيزات عالية، أي، موجّهات للضوء ذات فتحة رقمية كبيرة.

أمثلة موجّهات الضوء تشمل الألياف الضوئية التقليدية، موجّهات الضوء السائلة و الألياف البلورية الفوتونية (PCFs).

موجّهات الضوء من الألياف الضوئية التقليدية -أنظر الوثيقة "Solar fibre-optic mini-dish concentrators: First experimental results and field experience" (D. Feuermann, J. M. Gordon, M Huleihil) – April 2002" – ذات فتحة رقمية محدودة فقط (0.48 كحد أقصى) مما يحد من إمكانية امتصاص الضوء ومستويات التركيز للمجمّعات الشمسية. وعلاوة على ذلك،

فإن هذه الموجّهات لا تسمح بتوجيه فعال للطيف الشمسي عند تجاوز مسافات تبلغ عشرات الأمتار. وتحدث الفقودات في موجّهات الضوء من الألياف الضوئية بسبب آليات ثلاثة: التشتت من نوع Rayleigh، الامتصاص بسبب الشوائب المعدنية والماء داخل الليفة، والامتصاص الذاتي بواسطة جزيء مادة الألياف الضوئية نفسها، السيليكا. وتعمل هذه الآليات الثلاثة مجتمعة على الحد من نافذة الطيف الشمسي الذي يمكن توجيهه خلال الألياف بدون فقودات إلى ما يتراوح من 1000–1250 نانو متر حتى حد علوي يبلغ1650 نانو متر، حيث تُظهر فقداً يبلغ 0.2 ديسيبل/ كم حول 1550 نانو متر. والخلاصة هي أن، في أفضل الحالات، هذه الألياف لا تقوم بنقل جزء كبير من الطيف الشمسي بكفاءة (الأشعة فوق البنفسجية UV، والضوء المرئي وجزء من طيف الأشعة تحت الحمراء القريب near-IR) وهذا الجزء يمثل ما يزيد عن 40% من الطاقة المتراكمة في الطيف الشمسي.

وفيما يتعلق آلية التشتت من نوع Rayleigh: فإن هذا يحدث نتيجة التصادمات المرنة بين الموجة الكهرومغناطيسية و جزيئات السيليكون داخل الليفة. وإذا تم الحفاظ على الضوء المشتت داخل الفتحة الرقمية لليفة، فإنه يستمر في مساره خلال الانعكاس الداخلي الكامل داخل الليفة ولا يحدث أي اضمحلال. ومن ثم، فإن زيادة الفتحة الرقمية لليفة يساعد على تقليل الفقودات من تشتت Rayleigh وزيادة نافذة الطيف.

وفيما يتعلق بالفقودات الناتجة عن الامتصاص بسبب الشوائب: يوجد حالياً طرق تصنيع مثل النوع MCVD (الترسيب المعدل للبخار الكيميائي) أو OVD (الترسيب الخارجي للبخار)، والتي تتيح تصنيع الألياف بدون شوائب أو وجود تركيز ضئيل للغاية للشوائب. وتسمح طرق التصنيع هذه بالحفاظ على مستويات الفقد مقاسة بالديسيبل/ كم منخفضة بدرجة كافية عند جميع الأطوال الموجية للنافذة المذكورة أعلاه.

وفيما يتعلق بآلية الامتصاص الذاتي بسبب مادة الليفة نفسها: يوجد تقدم في تطوير مواد جديدة لتصنيع الألياف لزيادة هذه النافذة. ويتمثل أحد الأمثلة في الألياف الزجاجية من نوع ZBLAN وGaLaS . الألياف الزجاجية من نوع ZBLAN (تتركب من فلوريدات زيركونيوم، باريوم، لانثانيوم، ألومينيوم وصوديوم) تتميز بنتائج مقبولة بالنسبة للأطوال الموجية بين 250 و 4000 نانو متر، بفقد يبلغ 0.05 ديسيبل/ كم عند2550 نانو متر. أما الألياف الزجاجية من نوع Galas، يشار إليها أيضاً باسم GLS والتي تتضمن Ga_2S_3 و/أو La_2S_3 فيوجد بها منطقة نفاذية للأطوال الموجية التي تتراوح من 500 نانو متر إلى 10000 نانو متر وفقد يبلغ 0.5 ديسيبل/ كم عند حوالي 3500 نانو متر.

ومنذ بداية التسعينات، بدأ التطوير واستمر على الألياف البلورية الفوتونية (التقدم في PCFs). الألياف البلورية الفوتونية عبارة عن ألياف من السيليكا بها قلب مركزي (أحياناً يكون مجوفاً) محاط بواسطة بنية دورية من الثقوب المملوءة بالهواء. وتتمتع البلورات الفوتونية بتعديل دوري لمعامل الانكسار، وتكون هذه الدورة في حدود الطول الموجي للمجال الكهرومغناطيسي في النطاق الضوئي.

ويوجد، من بين أنواع أخرى، نوعين اثنين من PCFs: النوع IGF ("ألياف توجيه المعامل") والنوع PBF (" ألياف توجيه الفجوة النطاقية").

ومن المهم الإشارة إلى أن PCFs قد أحدثت ثورة في عالم الفوتونيات ونقل البيانات في الاتصالات عن بعد. آلية توجيه الضوء غير المعتادة في PCFs تكسبها عدد من الخواص الفريدة التي تميزها عن الألياف التقليدية. على سبيل المثال، من الممكن بناؤها بقلوب (مناطق جوفية) صغيرة جداً (بأقطار تصل إلى 1 ميكرون) لتحسين التأثيرات غير الخطية، ومن الممكن بناؤها بفتحات رقمية كبيرة جداً، أو بنطاقات انتشار أحادية النمط واسعة جداً. وعلاوة على هذا،

يمكن ضبط التشتت اللوني لهذه الألياف بمرونة بواسطة تصميم متوائم مع شكلها الهندسي، مما يشكل قيم يمكن الحصول عليها لم يكن من الممكن الحصول عليها باستخدام تقنية الألياف الضوئية التقليدية. وبهذا الخصوص، نجحت بعض المعاهد في تطوير PCFs مصنعة من السيليكا المشابة بـ P_2O_5 بفقودات تصل إلى 0.095 ديسيبل/ كم عند 1550 نانو متر. أضف إلى ذلك،، فقد نجحوا في تحقيق سرعات إرسال تبلغ 640 جيجا بت.

ويمكن أيضاً استخدام PCFs لتوجيه أشعة الشمس. وفي هذه الحالة، تسمح، ليس فقط تركيبة المادة، لكن أيضاً الشكل الهندسي لأنابيب الهواء النانومترية وعرض الوصلات الجسرية بينها، بالتحكم في الخواص النمطية وزيادة الفتحة الرقمية وامتصاص المزيد من أشعة الشمس لنفس القطر ونفس طول الليفة. إن تطبيق توجيه ضوء الشمس يحمل مواصفات مستهدفة بدرجة كبيرة: فتحات رقمية كبيرة (0.9)، تعظيم قطر الليفة وإمكانية الإرسال وتقليل الفقودات بالديسيبل/ كم إلى أدنى حد.

ويوجد حالياً في التطوير المستمر ما يسمى الخلايا الفلطائية الضوئية متعددة الوصلات، والتي تكون قادرة على امتصاص جزء من الطيف بكفاءة عالية، وتحتوي على الكثير من الطبقات التي تزداد يوماً بعد يوم. ومن ثم، تتمتع الخلايا ثلاثية الوصلات التي تتكون من أشباه الموصلات Ge،InGaAs و InGaP بكفاءات حالية في حدود 39%، لكن توجد نطاقات للطول الموجي لا تكون فيها قادرة على تحويل الفوتونات إلى طاقة كهربية.

وتتمتع التقنية الفلطائية الضوئية بكفاءتها العالية مما يميزها عن الوحدات الشمسية الحرارية.

مما تقدم، يستنتج أن موجّهات الضوء المتقدمة والتي تم تطويرها في الوقت الراهن تجعل من الممكن تحقيق فتحات رقمية في حدود 0.9. ومع ذلك، يعيبها أنها مصنعة من مواد غير قادرة على إرسال العرض الطيفي بالكامل للشمس بفقودات- بالديسيبل/ كم - لجعل هذه التقنية

عملية. تتراوح نافذة الطيف الشمسي الذي يمكن توجيهه بفقودات مُرْضية، من 1000 نانو متر –1250 نانو متر حتى حد علوي يبلغ 1650 نانو متر، حيث تُظهر فقداً يبلغ 0.2 ديسيبل/ كم عند حوالي 1550 نانو متر.

وحالياً، تم إحراز تقدم في البحث عن عناصر قادرة على تحويل الإشعاع الشمسي (إلى كهرباء أو طاقة حرارية) مع تعظيم النتائج عبر العرض الطيفي (الأشعة فوق البنفسجية، الضوء المرئي والنطاق القريب للأشعة تحت الحمراء). وتحديداً، تم إحراز تقدم في المفاهيم المبنية على "إدارة الفوتونات،" والتي تبحث عن فصل أو تعديل الطيف الشمسي قبل أن تُمتص الفوتونات بواسطة الخلايا الفلطائية الضوئية الشمسية.

وفي هذه الحالات، يتم استخدام محوِّلات للطول الموجي، وتحديداً محوِّلات إلى أطوال موجية صغيرة (تسمى "محوِّلات خفض") وإلى أطوال موجية كبيرة (تسمى "محوِّلات رفع")، حيث تتيح تحويل نطاقات الأشعة فوق البنفسجية و/أو إشعاع الضوء المرئي إلى أشعة تحت حمراء، والأشعة تحت الحمراء إلى الضوء المرئي و/أو الأشعة فوق البنفسجية. وتوجد بعض الأمثلة في الفن السابق لمثل هذه المحوِّلات، لكنها لا تتيح تحقيق كفاءات عالية بدرجة كافية أو الحفاظ على تركيزات ضوئية مرتفعة، ويرجع ذلك أساساً بسبب اتجاه الضوء المنبعث بعد التحويل، حيث أنه ليس لها اتجاه مفضل أو اتجاهات مفضلة.

وخلافاً لذلك، توجد أجهزة الليزر الشمسية المعروف أنها يمكنها تحويل جزء من طيف أشعة الشمس إلى شعاع ليزر. وتتضمن أجهزة الليزر الشمسية العناصر الآتية:

– تجويف ضوئي، رنّان أو مذبذب ضوئي يشتمل على مرآتين حيث يكون ضوء الليزر محتجزاً ويتردد ذهاباً وإياباً فيما بينهما. وللتبسيط، يمكن القول أن الرنّان يسمح فقط بترددات الرنين التي تتناسب مع 2L/c (حيث c هي سرعة الضوء وL هي المسار الضوئي للشعاع الضوئي)

والأنماط المرتبطة بها؛

- وسط فعال مشاب، والذي قد يكون صلباً، سائلاً أو غازياً، وتتمثل وظيفته في تكبير نطاق معين من الأطوال الموجية عندما تخضع الفوتونات لانعكاسات متعددة داخل التجويف وتمر خلاله؛ و

- مصدر لضوء الشمس قادر على توليد مقلوب للتجمع في الوسط الفعال. وبعبارة أخرى، يكون الضوء قادراً على إحداث ذلك في الوسط المذكور، وتكون المزيد من الذرات في حالة استثارة (ذرة عند مستوى طاقة ميكانيكية كمّية أعلى) مقارنةً بحالة تكون فيها أقل طاقة، حيث بموجب هذا سوف ينبعث ضوء من الكثير من الذرات في النظام فيما يسمى "حالة محفزة".

يفضل أن يكون كل من الرنّان والوسط الفعال لليزر الشمسي ذا شكل اسطواني، وعند نهايتيهما يتواجد مرآتين عاكستين منفصلتين.ويتم تسليط الضوء من الأجناب على أجهزة الليزر الشمسية المعروفة في المراجع بواسطة أشعة الشمس التي يتم تركيزها بواسطة وحدات تركيز من نوع CPC (وحدة تركيز مركبة على شكل قطع مكافىء). تتم تهيئة المرآة العاكسة الأولى للتجويف بحيث تكون عاكسة بدرجة كبيرة الطول الموجي لتذبذب شعاع الليزر وحوله. هذه المرآة تتمتع بقوة انعكاس (انعكاسية) فقط في هذه المنطقة. وتقوم المرآة الأخرى عند مخرج شعاع الليزر جزئياً بعكس (R2) الضوء الناتج، وتقوم بإرسال (T2) الجزء الذي لم ينعكس: $T2 = 1 - R2$. هذا الضوء المرسل هو، نفسه، ضوء الليزر الخارج من الجهاز. ومن ثم، يتم احتجاز الفوتونات في الرنّان، وتتحرك من مرآة إلى الأخرى ويتم تضخيمها بواسطة الوسط الفعال. ويخرج من جهاز الليزر الجزء من شعاع الليزر الذي تسمح به مرآة الخروج، كدالة في الإنفاذية عند الطول الموجي لتذبذب شعاع الليزر.

ولهذا، فإن الليزر الشمسي، يشتمل على تجويف بين المرآتين والذي يساعد على انعكاس

الفوتونات والتي تنعكس بشكل تبادلي في كل من المرآتين ويتم تضخيمها بعد كل مرور خلال الوسط الفعال. وإذا كان التضخيم كبيراً بدرجة كافية للتغلب على الفقودات، وهذا يسمى غالباً الحالة الحدِّيَّة، فإنه يمكن تضخيم فوتون واحد عدة مرات لإنتاج عدد كبير جداً من الفوتونات المترابطة (أحادية الطول الموجي) والمحتجزة داخل الرنّان. وإذا تحركت الفوتونات ذهاباً وعودة بين المرآتين لفترة زمنية طويلة، فإن الليزر سوف يصل إلى حالة ثابتة.

ويمكن تحقيق ضخ الطاقة الشمسية إلى الليزر من كل من الجدار الجانبي له وطولياً عليه، أي، من أحد الأطراف، بحيث يتم الحقن في اتجاه شعاع الليزر المتولد.

الليزر الشمسي يمكن أن يُحول جزء من الطيف الشمسي القادم إلى شعاع ليزر خارج عند طول موجي معين. ويمكن لشعاع الليزر إمداد PCFيتم نقله بواسطة الليزر نفسه. وتتميز مادة الوسط الفعال بطيف امتصاص لا يتوافق بالضرورة مع طيف الانبعاث الخاص بها. وبهذا يمكن تعريض الليزر لضخ ضوء له مدى طول موجي مختلف عن ذلك الذي يقوم ببثه (الذي ينبعث منه).

كما يُعرف أيضاً في الصدارة التقنية ما يسمى بأجهزة الليزر PCF ذات طبقتي تغليف من ألياف السيليكا ، حيث فيها يتم تصنيع الوسط الفعال عن طريق إشابة قلب الليفة PCF. طبقة التغليف الأولى لها معامل انكسار أقل قليلاً من القلب وتم تصميمها لتوجيه، بنمط أحادي، إشعاع الليزر المتولد داخل القلب، بينما تحتوي طبقة التغليف الثانية على بنية دقيقة مركبة من أنابيب هواء تفصل بينها مسافة نمطياً بدلالة PCF النمطي ولها شكل حرف D أو أي مقطع عرضي آخر. ويتيح هذا النوع منPCF توفير فتحات رقمية كبيرة جداً.

مما تقدم يُستنتج أن كفاءة تحويل الطاقة الشمسية إلى كهرباء، وإمكانية إدارتها، بالأوساط الحالية يعد من الأمور القابلة للتحسين بوضوح و، علاوة على هذا، من الممكن استغلال عرض

الطيف الشمسي (الأشعة فوق البنفسجية، الضوء المرئي والنطاق القريب للأشعة تحت الحمراء) بشكل أكثر كفاءة.

ويهدف الاختراع الذي يندرج تحت هذه البراءة إلى تطوير وحدات طاقة شمسية فلطائية ضوئية – حرارية هجين تتميز بسلسلة من السمات التي تسمح، أولاً، باستخدام التقنية الفلطائية الضوئية لتحويل، بكفاءة عالية، جزء من الطيف الشمسي إلى كهرباء و، ثانياً، استخدام التقنية الشمسية الحرارية تحت مبدأ توجيه الضوء من أجل تجميع الطيف المتبقي.

الكشف عن الاختراع

عمل هذا الاختراع على حل المشكلة التقنية المطروحة من خلال وحدة طاقة شمسية تتيح أقصى استغلال للإشعاع الشمسي. وحدة الطاقة الشمسية وفقاً للاختراع تتضمن العناصر الآتية:

- مجمِّع شمسي واحد على الأقل مزود بوحدة تركيز، المجمِّع الشمسي المذكور مهيأ لتجميع الإشعاع الشمسي وتركيز ذلك الإشعاع الشمسي في وحدة التركيز؛

- جهاز ليزر شمسي واحد على الأقل، كمحوِّل شمسي، حيث تتم تهيئة جهاز الليزر لاستقبال (بطريقة مباشرة أو غير مباشرة) الإشعاع المركَّز من وحدات التركيز في المجمِّعات وتحويل الإشعاع المركَّز المذكور إلى إشعاع ليزر، و

- مستقبل مهيأ لاستقبال الإشعاع من الليزر وتحويله إلى طاقة حرارية (تسخين مائع ناقل للحرارة) أو مباشرة إلى كهرباء باستخدام التأثير الكهربي الضوئي؛ و/أو مفاعل شمسي مهيأ للحصول على وقود شمسي، على سبيل المثال الهيدروجين مباشرة من الماء عند درجات حرارة تصل إلى 2000° م عن طريق استخدام مواد ثالثة (الزنك أو غير ذلك)، أو من عمليات بديلة (الكبريت واليود S-I)؛ الأمونيا من النيتروجين والهيدروجين؛ أو أي وقود شمسي آخر.

وحسبما تم شرحه أدناه، فإن جهاز الليزر يمكن أن يستقبل الإشعاع مباشرة من وحدات التركيز للمُجمِّع، أو يمكن أن تتضمن التجهيزة خلية فلطائية ضوئية حيث تستقبل الإشعاع المركَّز من وحدات التركيز للمُجمِّع، بطريقة بحيث تقوم بتحويل جزء من الإشعاع المذكور إلى طاقة كهربائية، و تكون منفذة للجزء الذي لم تقم بتحويله، مما يسمح لذلك الجزء الذي لم تقم بتحويله بالمرور إلى جهاز الليزر.

تعتبر وحدة الطاقة الشمسية الخاصة بالاختراع متميزة بسبب أنه عن طريق إدخال جهاز ليزر بين المجمِّع والمستقبل، فإنها تضمن تحويل كل الإشعاع تقريباً الذي يتم تجميعه بواسطة المجمِّعات. وعلاوة على ذلك، كما هو معروف، دائماً ما يعاني أي شعاع ضوئي من التباعد بسبب ظاهرة التشتت. يتميز شعاع منبعث بواسطة جهاز ليزر ذي قطر D (شعاع ليزر) بخاصية الوصول إلى الحد الأدنى من نصف التباعد النظري الذي يحدث بسبب الحيود (شعاع مقيّد بالحيود)، والذي يكون في حدود D/λ، حيث λ هي الطول الموجي العامل لجهاز الليزر.

وهذا يعني أن أجهزة الليزر تصل إلى القيد النظري للتجميع. وهذا في حد ذاته يمثل ميزة لاستخدام الطاقة من أجهزة الليزر التي تتعرض للاستثارة بواسطة أشعة الشمس لأنه يمكن توصيل شعاع الليزر إلى مستقبل، كلاهما داخل موجّهات الضوء (حسبما تم شرحه أدناه) ومباشرة خلال الغلاف الجوي عن طريق استخدام مرايا مستوية. ومن ثم، عندما تسمح المسافة بين جهاز الليزر والمستقبل، فإن الفقودات التي تم خفضها بدرجة كبيرة الناتجة عن تباعد شعاع الليزر تسمح بأن يتم توجيه الشعاع عند المستقبل باستخدام انعكاس بسيط في مرايا مستوية.

ويمكن أن تكون المجمِّعات الشمسية من أي نوع معروف، كل من المجمِّعات من النوع التقليدي (المجمِّعات القرصية التي على شكل قطع ناقص، المجمِّعات من نوع عدسات فرينل) والمجمِّعات من النوع المتطور، التي تتركب من عناصر بصرية لا تقوم بالتصوير (لا تقوم بتكوين

صورة).

وبالمثل، يفضل ربط المجمّعات أن يكون بعدد قليل من المتتبعات الشمسية ثنائية المحور الموجهة نحو الشمس بدون تأثير جيب التمام، بحيث يمكن، إما أن يكون لكل مجمّع شمسي جهاز التتبع الشمسي الخاص به، أو يمكن تواجد جهاز تتبع واحد على الأقل مرتبط بمتتبعة شمسية مناظرة، مركب عليها عدد من المجمّعات.

وفي الحالة التي يكون فيها المستقبل ليس قريباً بدرجة كافية من أجهزة الليزر، يكون من المفيد توجيه شعاع الليزر نحو المستقبل بواسطة مرايا مستوية، و من المتوقع أن الاختراع سوف، علاوة على ما سبق، يتضمن موجهات مرنة للضوء والتي تستقبل أشعة الليزر وترسلها إلى المستقبل.

ويمكن أن تكون موجّهات الضوء المستخدمة من أي نوع من الأنواع والتقنيات الكثيرة المختلفة الموجودة.

وتحديداً، بالأخذ في الحسبان تقنية التصنيع، كمثال، يمكن استخدام الأنواع الآتية من موجّهات للضوء:

- الموجّهات التقليدية من ألياف ضوئية،

- الموجّهات من نوع PCF،

- موجّهات الضوء السائلة (LLG).

وتحديداً، بالأخذ في الحسبان المواد المستخدمة، كمثال، يمكن استخدام الأنواع الآتية من موجّهات للضوء:

- موجّهات الضوء من السيليكا؛

- موجّهات الضوء من الزجاج ZBLAN؛

- موجّهات الضوء من الزجاج GaLaS؛

ويفضل أن تكون الفتحة الرقمية للموجّهات متوافقة، جزئياً على الأقل، مع فتحة الخلية الفلطائية الضوئية، الليزر والمجمّعات الشمسية.

وعلاوة على ذلك، يمكن أن يتضمن الاختراع عدسات لتضخيم الإشعاع الموجود في الموجّهات، أو إعادة تركيز أشعة الليزر إذا ما تم نقلها مباشرة خلال الغلاف الجوي من أجل تعظيم الإشعاع الساقط على المستقبل. وفي الحالة الأولى، يمكن تقسيم موجّهات الضوء إلى عدة مجموعات، و تتم مضاعفة كل من هذه المجموعات في موجّه مشترك.

وعلاوة على ذلك، يمكن أن يتضمن الاختراع وحدات إعادة تركيز قبل المستقبل مباشرة لنفس الغرض المتمثل في تعظيم الإشعاع الساقط عليه.

واختيارياً، يمكن على نحو مفيد توجيه موجّهات الضوء إلى المستقبل بحيث لا تؤثر موجّهات الضوء التي تكون نهاياتها الأولى مرتبة في مواقع متجاورة على مواقع المستقبل القريبة. ومن ثم، لا يكون الإشعاع الساقط على منطقة معينة من المستقبل قادماً من منطقة واحدة من المجمّعات، وبالتالي يمكن تجنب تأثيرات بعض المجمّعات التي تقع بشكل دوري في مدى الظل، ويمكن الحصول على سقوط منتظم على أنابيب المستقبل. ويمكن استخدام ما تم شرحه أعلاه في كل من الحالة التي يتم فيها توجيه موجّهات الضوء مباشرة عند المستقبل، كما في الحالة التي يتم فيها ترتيب عدسات لمضاعفة موجّهات الضوء في الموجّهات المشتركة، وفقاً لـ واحد على الأقل من الخيارات المختارة في القائمة غير الحصرية الآتية:

- تتم مضاعفة موجّهات الضوء لمنطقة واحدة من المجمّعات إلى الموجّهات المشتركة، و هذه

الموجّهات المشتركة المناظرة للمناطق القريبة التي بدورها in turn have يحدث بها سقوط على مناطق مختلفة من المستقبل؛ و

– تشتمل الموجّهات المشتركة على موجّهات الضوء من مناطق مختلفة من المجمّعات.

وفيما يتعلق بالمستقبل، فإنه يمكن تطبيق هذا الاختراع يمكن تطبيق على أي نوع من المستقبلات التي تتلاءم مع استخدام مجمّعات التركيز و، عند الضرورة، موجّهات الضوء.

وتحديداً، يفضل ترتيب أنابيب المستقبل رأسياً، حيث يتم تدوير مائع ناقل للحرارة خلالها.

ومن ثم، يمكن ترتيب أنابيب المستقبل في صف واحد أو عدة صفوف، ويفضل في أكثر من صف واحد من الأنابيب المتراكبة بحيث يجد الإشعاع دائماً واحداً من هذه الأنابيب. وعلاوة على ذلك، يمكن أن تتواجد أو لا تتواجد الأنابيب في مبايت تحت التفريغ، مع وجود مبايت مستقلة أو مشتركة للعديد من الأنابيب. وعلاوة على هذا، يمكن تزويد الأنابيب بطلاءات مضادة للانعكاس.

وعلى نحو مفضل، فإن الموجّهات تتسبب في جعل الإشعاع يُستقبل عند الأنابيب عمودياً على سطح الأنابيب المذكورة، ويفضل من اتجاهين متقابلين الاجهاد الحراري في الأنابيب.

وحيث أن التحويل المباشر للإشعاع الشمسي إلى طاقة كهربائية خلال خلايا فلطائية ضوئية يتميز بإمكانية أن يكون له كفاءة أعلى من التحويل عن طريق مائع ناقل للحرارة، فإن الوحدة الخاصة بالاختراع يمكن أن تتضمن أيضاً خلية فلطائية ضوئية واحدة على الأقل (وهذا يفضل بصفة خاصة)، مرتبة على وحدات التركيز بالمجمّع ، و موزعة فيما بين المجمّعات وأجهزة الليزر لتحويل جزء من الطيف الشمسي إلى طاقة كهربائية، حيث الخلايا الفلطائية الضوئية المذكورة تكون منفذة للإشعاع الشمسي الذي لم يتم تحويله، مما يسمح للإشعاع المذكور بالمرور إلى

جهاز الليزر. ومن ثم، يمكن استخدام الخلايا الفلطائية الضوئية للحصول بكفاءة أكبر على طاقة كهربية لإمدادها إلى بعض أجهزة النظام، مثل أجهزة الليزر أو، عندما يكون ذلك ملائماً، أو أنواع أخرى من الأجهزة التي تستهلك الطاقة أو حتى لبيعها للشبكة.

كما يتيح الاختراع استخدام الخلايا الفلطائية الضوئية لتقنيات مختلفة، برغم أنه لكل وحدة معينة، يكون الأداء مثالياً إذا كانت المكونات- المجمّعات، الموجّهات، الخلايا الفلطائية الضوئية، جهاز (أجهزة) الليزر- قد تم اختيارها بصورة حكيمة وفقاً لظروف الوحدة والخصائص الضوئية للعناصر.

وفي جميع الحالات، يفضل ما يسمى الخلايا HCPV (الخلايا الفلطائية الضوئية عالية التركيز)، وبصفة خاصة في هذا النوع، الخلايا متعددة الوصلات.

عندما يتم استخدام موجهات مرنة للضوء، تتم تهيئة جهاز الليزر لتركيز، مباشرة أو خلال خلية فلطائية ضوئية، الإشعاع من وحدات التركيز بالمجمّع إلى شعاع ليزر له طول موجي يتوافق مع مدى التشغيل المثالي لموجّهات الضوء.

وحسبما تم شرحه للتو، يتم تحويل جزء من الإشعاع الشمسي إلى طاقة كهربائية بواسطة الخلية الفلطائية الضوئية، ويتم تحويل جزء آخر بواسطة جهاز الليزر إلى موجه الضوء لتوجيهه إلى إحدى الوحدات الشمسية الحرارية أو مستقبل فلطائي ضوئي، للوصول إلى نتيجة نهائية تتمثل في تحقيق استخدام أمثل للطيف الشمسي.

وتمت تهيئة الاختراع لأي نوع من أنواع الليزر، برغم أن متطلبات الوحدة سوف تفرض استخدام ليزر معين في كل حالة، اعتماداً أيضاً على، من بين أشياء أخرى، الخواص الضوئية للعناصر المتبقية (المجمّعات، الموجّهات، الخلايا الفلطائية الضوئية).

ويتضمن جهاز الليزر نمطياً رنّان، مضخم به وسط فعال مشاب، و مصدر ضوء قادر على توليد تجمع عكسي في الوسط الفعال.

وتحديداً، يمكن أن تستخدم أجهزة الليزر بأوساط سائلة، أو غازية أو صلبة مشابة (بما في ذلك أشباه الموصلات)، ويمكن استخدام أجهزة الليزر مع وجود استثارة جانبية أو طولية، ويفضل النوع الأخير لأنه يضمن:

- كفاءة أعلى لتحويل ضوء الشمس إلى شعاع الليزر؛

- جودة أعلى لشعاع الليزر الذي سوف يخرج في النمط العرضي التقليدي TEM00 بأقصى درجة نظرية للتجميع (جودة الشعاع تتقيد بالحيود)، إذا تم الحفاظ على محيط ضوء الشمس المركَّز داخل حجم نمط الرنّان التقليدي (على الأقل داخل محيط زجاج جهاز الليزر). وأقصى درجة للتجميع تساوي تقريباً الطول الموجي لخرج الليزر مقسوماً على قطر النمط التقليدي.

وعلى نحو يتلاءم مع كل النماذج التي تم وصفها، الوحدة الخاصة بالاختراع يمكن أن تتضمن أيضاً وسيلة تخزين لتجميع الطاقة.

وترتبط وسيلة التخزين بالعناصر الأخرى للنظام: ومن ثم، على سبيل المثال، وسيلة التخزين يمكن أن تتضمن واحد على الأقل مما يلي:

- مراكم كهربائية لتجميع الطاقة الكهربية التي يتم توصيلها بواسطة الخلايا الفلطائية الضوئية؛

- صهاريج تخزين للهواء الساخن/الغاز، إذا كان المائع الناقل للحرارة في أنابيب المستقبل هو الهواء أو الغاز المغذى إلى توربين عازي على أساس دورة برايتون؛

- صهاريج تخزين للبخار المشبع المضغوط، إذا كان المائع الحامل للحرارة في أنابيب المستقبل هو

الماء المغذى إلى توربين بخاري (يعمل بالبخار) على أساس دورة رانكين، أو إذا كان المائع الناقل للحرارة عبارة عن سائل ملحي والذي يقوم بتسخين الماء خلال مبادل حراري لنفس الغرض؛

- أملاح عند درجة حرارة مرتفعة (في حالة دورة رانكين تتضمن ملح).

وانسجاماً مع كل النماذج التي تم وصفها والتي تتضمن مستقبل، فإن الوحدة الخاصة بالاختراع يمكن أن تتضمن توربين بخاري (يعمل بالبخار)، توربين عازي، محرك ستيرلينج، توربين بحجم الميكرو، عنصر AMTEC (محول معدني قلوي لتحويل الحرارة إلى كهرباء)، أو خلايا فلطائية ضوئية متعددة الوصلات، ذات وصلة واحدة، أو من نوع عضوي أو غير عضوي.

وحسبما سبق شرحه أعلاه، وحدة الطاقة الشمسية الخاصة بالاختراع تجعل من الممكن تحويل الطاقة الشمسية إلى كهرباء بنواتج أعلى من وحدات الطاقة الشمسية الحالية بطريقة يسهل إدارتها، وباستغلال كفء لعرض الطيف الشمسي (الأشعة فوق البنفسجية، الضوء المرئي و النطاق القريب للأشعة تحت الحمراء).

وصف الأشكال:

لاستكمال الوصف المقدم هنا، ولأغراض تعزيز الفهم الأفضل لخصائص الاختراع، على أساس النماذج المقترحة للتطبيق العملي له، كجزء لا يتجزأ من الوصف، تم إرفاق مجموعة من الأشكال والتي تتضمن، لكن لا تقتصر على، الآتي:

الشكلان 1أ و1ب: يظهران مقارنة بين التباعد الخاص بشعاع منبعث في جهاز تركيز من نوع العدسات، وشعاع منبعث بواسطة جهاز تركيز من نوع الليزر.

شكل 2: يُظهر مخطط لتشغيل النموذج الأول وفقاً للاختراع.

شكل 3: يُظهر مخطط لتشغيل النموذج الثاني وفقاً للاختراع.

شكل 4: يُظهر مخطط لتشغيل النموذج الثالث وفقاً للاختراع.

شكل 5: يُظهر مسقط أفقي وفقاً للوحدة الخاصة بالاختراع، وفقاً للنموذج الثالث.

شكل 6: يُظهر مسقط أفقي بالتفصيل لجزء من الوحدة الخاصة بالاختراع وفقاً للنموذج الأول.

الوصف التفصيلي

النماذج المقترحة وفقاً للاختراع

فيما يلي وصف لثلاثة نماذج مقترحة وفقاً للاختراع، بالاستعانة بالأشكال 1 إلى 6 المرفقة.

النموذج المقترح رقم 1

يتعلق الاختراع، كما هو مبين في الأشكال المصاحبة، بوحدة طاقة شمسية للحصول على الطاقة (20) (أنظر شكل 5) من الإشعاع الشمسي مع استخدام مثالي للطيف الشمسي.

وكما يتضح في شكل 1أ، شعاع الضوء الناتج من جهاز تركيز أول من نوع العدسات (31) به بعض التباعد. ويكون التباعد المصاحب لأجهزة التركيز الأولى هذه (31) مرتبطاً بالتركيز المتحقق. وكلما زادت محاولة زيادة التركيز، كان تباعد الشعاع الخارج أكبر. ولقد سبق شرح هذه الظاهرة بواسطة نظرية البقاء خاصة Etendue. في الأنظمة ثلاثية الأبعاد. $n^2 \cdot A \cdot sen^2\left(\beta/2\right) = cte$، حيث n هي معامل الانكسار للوسط، A هي مساحة العنصر الخاص بجهاز التركيز الأول (31)، حيث يحدث التركيز، وβ هي زاوية تباعد الأشعة الخارجة من العدسات.

وفي حالة جهاز تركيز ثاني من نوع الليزر (32)، كما هو مبين في شكل 1ب، نصف زاوية

التباعد هي $\theta = \lambda/D$، حيث λ هي الطول الموجي لشعاع الليزر المنبعث بواسطة جهاز الليزر (32) وD هي قطر شعاع الليزر.

ولقد وجد أن قيمة نصف زاوية التباعدθ أصغر كثيراً من $2/\beta$.

وحدة الطاقة الشمسية، في نموذج مقترح أول وفقاً للاختراع، تتضمن العناصر الآتية، كما هو مبين في شكلي 2 و6 :

- العديد من المجمّعات الشمسية (11) المزودة بوحدتي تركيز منفصلتين (غير موضحة)، وأجهزة تتبع شمسية (غير موضحة) على محورين، المجمّعات الشمسية المذكورة (11) مهيأة لتجميع الإشعاع الشمسي وتركيز الإشعاع الشمسي في وحدة التركيز الخاصة بها؛

- جهاز الليزر شمسي واحد على الأقل (10)، كمحوّل شمسي، حيث تتم تهيئة جهاز الليزر (10) لاستقبال الإشعاع المركَّز مباشرة من وحدات التركيز في المجمّعات (11) وتحويل هذا الإشعاع إلى إشعاع ليزر؛ و

- مستقبل (1) مهيأ لاستقبال الإشعاع من موجّهات الضوء (8) خلال الأطراف الثانية (غير موضحة)، المقابلة للأطراف الأولى، و استخدام الإشعاع المذكور لتسخين مائع ناقل للحرارة (غير موضح) أو نقله إلى مستشعر كهروضوئي (غير موضح) و/أو مفاعل شمسي (21) مهيأ للحصول على وقود شمسي.

خصائص التباعد السابق شرحها بالنسبة لشعاع الليزر تجعل من الممكن توجيه شعاع الليزر مباشرة إلى المستقبل خلال مرايا مستوية بسيطة (26) (أنظر شكلي 2 و6) بدون فقد يُذكر في القوة.

النموذج المقترح رقم 2

بالنسبة للحالات التي لا تكون فيها المسافة بين المستقبل و الليزر مقيدة، فإن الاختراع يتضمن أيضاً موجهات مرنة للضوء (8) التي تقوم بنقل الضوء من أجهزة الليزر إلى المستقبل، كما هو مبين في شكل 3.

النموذج المقترح رقم 3

وفي نموذج مقترح ثالث وفقاً للاختراع، والمبين تخطيطياً في شكلي 4 و5 ، في وحدات التركيز بالمجمِّع (11)، تتواجد خلية فلطائية ضوئية واحدة على الأقل (18) لتحويل الإشعاع المركَّز إلى كهرباء (I). وتكون الخلية الفلطائية الضوئية (18) منفذة لهذه الأطوال الموجية الشمسية التي لا يمكن تحويلها إلى طاقة كهربائية (I). وعلى نحو أكثر تفضيلاً، يتم استخدام خلايا فلطائية ضوئية HCPV متعددة الوصلات (18)، ومع ذلك يمكن استخدام خلايا فلطائية ضوئية (18) أحادية الوصلة أو خلايا فلطائية ضوئية عضوية أو غير عضوية.

يتم توزيع الخلايا الفلطائية الضوئية (18) فيما بين المجمِّعات (11) وجهاز الليزر (10)، بحيث أن الإشعاع الخارج من المجمِّعات الذي لا يتم تحويله بواسطة الخلية الفلطائية الضوئية (18) سوف يصل إلى جهاز الليزر (10) بعد المرور خلال هذه الخلية الفلطائية الضوئية (18). وسوف يقوم جهاز الليزر (10) بتحويل هذه الأطوال الموجية إلى واحد أو أكثر من الأطوال الموجية ذات الخصائص الصحيحة لكي يتم نقلها خلال موجّهات الضوء (8) فوق مسافات طويلة إلى المستقبل (1)، والذي قد يكون عبارة عن مستقبل شمسي حراري أو مستقبل فلطائي ضوئي (خلية فلطائية ضوئية أخرى، غير موضحة، على سبيل المثال).

ويكون استخدام الخلايا الفلطائية الضوئية (18) مناسباً لأي من النموذجين اللذين سبق شرحهما أعلاه.

وانسجاماً مع أي من النموذجين 2 و3 أعلاه، يفضل اختيار موجّهات الضوء (8) التي تتميز بفتحة رقمية كبيرة. والأفضل، فتحة رقمية تقترب من 0.9، حيث تكون الفتحة الرقمية متوافقة بقدر الإمكان مع فتحة الخلية الفلطائية الضوئية لليزر الشمسي والمجمّعات الشمسية.

للحصول على إشعاع أكبر، تتضمن الوحدة عدسات (14) لتجميع (تكبير) الإشعاع لمجموعة واحدة على الأقل من موجّهات الضوء (8) إلى موجه مشترك واحد على الأقل (15). وبالمثل وبنفس الطريقة، يمكن دمج الموجّهات المشتركة (15) أيضاً مع بعضها البعض، و هلم جرا.

وبالنسبة لاستخدام المستقبلات من النوع الشمسي الحراري (1)، فإن موجّهات الضوء (8) التي تكون أطرافها الأولى مرتبة في مواضع متجاورة لا تؤثر على المواضع المتجاورة للمستقبل الشمسي الحراري (1)، لتلاشي تأثير بعض المجمّعات (11) التي يحتمل أن تقع في الظل، ومن ثم تُنتج سقوطاً أكثر انتظاماً على المستقبل. نمطياً، يتم تقسيم المجمّعات الشمسية (11) في مجموعات إلى تكتلات (17). ولهذا، يمكن استخدام ما سبق شرحه للتو في واحدة على الأقل من الحالات الواردة في القائمة غير الحصرية الآتية:

- يتم توجيه موجّهات الضوء (8) مباشرة إلى المستقبل الشمسي الحراري (1) بحيث موجّهات الضوء (8) الخاصة بتكتل واحد (17) لا تتوجه كلها إلى نفس منطقة المستقبل (1)، لكن في كل منطقة للمستقبل (1)، موجّهات الضوء (8) المجاورة لتلك التي تنتمي لنفس التكتل (17) تكون قادمة من تكتلات (17) موجودة في أي مكان آخر؛

- تتم مضاعفة موجّهات الضوء (8) الخاصة بتكتل واحد (17) إلى الموجّهات المشتركة (15)، ويتم توجيه هذه الموجّهات المشتركة (15) للتكتلات المتجاورة (17) بدورها إلى المناطق غير القريبة للمستقبل (1)؛ و

- تقوم الموجّهات المشتركة (15) بتجميع موجّهات الضوء (8) من التكتلات المختلفة (17).

بينما يمكن تطبيق هذا الاختراع على أي نوع من المستقبلات (1) المتوافقة مع استخدام مجمعات لوحدات التركيز (11) و، عندما يكون ذلك ملائماً، موجّهات الضوء (8)، في حالة المستقبلات الشمسية الحرارية، يفضل المستقبلات التي بها أنبوب ماص (1) (غير موضحة) في وضع رأسي، حيث يتم خلاله تدوير مائع ناقل للحرارة.

ومن ثم، يمكن ترتيب أنابيب المستقبل (1) في صف واحد أو عدة صفوف، ويفضل في أكثر من صف واحد من الأنابيب المتراكبة بحيث أن الإشعاع سوف يجد دائماً أحد الأنابيب. وعلاوة على ذلك، يمكن أن تكون أو لا تكون الأنابيب محاطة بحاويات منفذة للضوء تحت التفريغ. ويمكن أن توجد حاوية مخصصة لكل أنبوب ماص، أو يمكن تواجد حاوية واحدة أو أكثر لعدد من الأنابيب الماصة. وعلاوة على هذا، يمكن تزويد الأنابيب بطلاءات مضادة للانعكاس.

ويفضل تهيئة موجّهات الضوء (8) لتوجيه الإشعاع إلى الأنابيب الماصة عمودياً على سطح الأنابيب الماصة، من اتجاهين متقابلين لتجنب الإجهاد الحراري في الأنابيب الماصة المذكورة.

ويمكن تطبيق الاختراع باستخدام أي نوع من أجهزة الليزر (10)، ومع ذلك يفضل جهاز ليزر (10) مع استثارة طولية (بطول جسم الجهاز).

وتتضمن الوحدة الخاصة بالاختراع أيضاً وسيلة تخزين (16) لتجميع الطاقة، على سبيل المثال، في حالة تجاوز الإشعاع الشمسي للقيمة الإسمية المحددة، أو بحيث يمكن استخدام الطاقة المخزنة في الفترات التي يكون فيها الإشعاع منخفضاً (أو لا يوجد إشعاع)، مثل عند وجود سحاب، أوقات الليل، و هلم جرا.

ويمكن أن تتضمن الوحدة الخاصة بالاختراع أيضاً وسيلة تحويل (غير موضحة) لتحويل الطاقة الحرارية من المستقبل إلى طاقة كهربية مثل توربين بخاري (يعمل بالبخار)، توربين عازي،a محرك ستيرلينج، توربين بحجم الميكرو، أو عنصر AMTEC.

وتكون وسيلة التخزين (16) مرتبطة وسيلة التحويل، بحيث يمكن اختيار وسيلة التخزين من:

- مراكم كهربائية لتجميع جزء على الأقل من الطاقة الكهربية المنتجة في مستقبل من نوع فلطائي ضوئي (1)؛

- صهاريج تخزين للهواء الساخن/الغاز، إذا كان المستقبل عبارة عن مستقبل حراري شمسي مهيأ لتسخين مائع ناقل للحرارة ووسط التحويل عبارة عن توربين عازي؛

- صهاريج تخزين للبخار المشبع المضغوط، إذا كان المستقبل (1) من النوع الشمسي الحراري المهيأ لتسخين مائع ناقل للحرارة ووسيلة التحويل عبارة عن توربينات بخار؛ و

- صهاريج تخزين لأملاح عند درجة حرارة مرتفعة، إذا كان المستقبل (1) من النوع الشمسي الحراري المهيأ لتسخين مائع ناقل للحرارة والذي هو عبارة عن ملح يراد استخدامه في توربين بخاري (يعمل بالبخار) على أساس دورة رانكين.

وكما يتضح في شكل 5، يمكن أن تقوم وسيلة التخزين (16) بتخزين الطاقة من الموجّهات (8، 15) أو المستقبل (1)، و المفاعل الشمسي (21) يمكن أن يستقبل الطاقة من الموجّهات (8،15). وعلاوة على ذلك، يتم ترتيب الأنابيب (25) لنقل المائع الناقل للحرارة من المستقبل (1) إلى وسيلة التحويل أو إلى أي مكان آخر لاستخدامه (غير موضح). كما يتم ترتيب الأنابيب (25) لنقل المائع الناقل للحرارة ذهاباً وعودة بين المستقبل (1) إلى وسيلة التخزين (16).

عناصر الحماية

1- وحدة طاقة شمسية، وتشتمل على:

- مجمِّع شمسي واحد على الأقل (11) مزود بوحدة تركيز، المجمِّع الشمسي المذكور (11) مهيأ لتجميع الإشعاع الشمسي وتركيز ذلك الإشعاع الشمسي في وحدة التركيز؛

- جهاز ليزر شمسي واحد على الأقل (10)، كمحوِّل شمسي، حيث تتم تهيئة جهاز الليزر (10) لاستقبال، بطريقة مباشرة أو غير مباشرة، الإشعاع المركَّز من وحدات التركيز في المجمِّعات (11) وتحويل الإشعاع المركَّز المذكور إلى إشعاع ليزر؛ و

- مستقبل (1) و/أو مفاعل (21) شمسي مهيأ لاستقبال الإشعاع من أجهزة الليزر (10) وتحويله إلى صورة أخرى للطاقة، حيث تتم تهيئة المستقبل (1) لاستخدام هذا الإشعاع لتسخين وسط ناقل للحرارة (غير موضح) أو لنقل الإشعاع إلى مستشعر كهروضوئي (غير موضح)، وتتم تهيئة المفاعل الشمسي (21) للحصول على وقود شمسي، حيث يتميز أيضاً باشتماله على عدسات (14)، حيث تتم تهيئة كل من هذه العدسات (14) لمضاعفة الإشعاع إلى موجّه مشترك واحد على الأقل (15).

2- وحدة طاقة شمسية وفقاً لعنصر الحماية رقم 1، حيث تتميز بأنها تتضمن أيضاً مرايا مستوية منفصلة (26) مهيأة لتوجيه الضوء من أجهزة الليزر (10) عن طريق الانعكاس نحو العدسات (14).

3- وحدة طاقة شمسية وفقاً لعنصر الحماية رقم 1، حيث تتميز بأنها تشتمل أيضاً على موجهات مرنة للضوء منفصلة (8)، مهيأة بحيث تقوم بتجميع من أحد الأطراف، الإشعاع المنبعث بواسطة أجهزة الليزر (10) ونقل الإشعاع المذكور نحو العدسات (14).

4- وحدة طاقة شمسية وفقاً لأي من عناصر الحماية 1إلى 3، حيث تتميز بأنها تشتمل أيضاً على خلية فلطائية ضوئية واحدة على الأقل (18) مقحمة بين المجمِّعات (11) و أجهزة الليزر (10)، حيث تتم تهيئة الخلية الفلطائية الضوئية (18) لاستقبال جزء من الإشعاع المركَّز في وحدات التركيز وتحويله إلى كهرباء، و تكون منفذة للجزء الذي لا يمكن تحويله، مما يسمح للجزء الذي لم يتم تحويله بالوصول إلى أجهزة الليزر (10).

5- وحدة طاقة شمسية وفقاً لعنصر الحماية رقم 4، تتميز بأن الخلايا الفلطائية الضوئية (18) عبارة عن خلايا HCPV.

6- وحدة طاقة شمسية وفقاً لعنصر الحماية رقم 5، تتميز بأن الخلايا الفلطائية الضوئية (18) عبارة عن خلايا HCPV من النوع متعدد الوصلات.

7- وحدة طاقة شمسية وفقاً لأي من عناصر الحماية 1إلى 6، تتميز بأن المستقبل (1) يُختار من قائمة تتضمن:

- مستقبل حراري شمسي؛

- مستقبل فلطائي ضوئي.

8- وحدة طاقة شمسية وفقاً لأي من عناصر الحماية 1إلى 7، تتميز بأن المجمِّعات الشمسية (11) تُختار من قائمة تتضمن:

- المجمِّعات القرصية من النوع مكافئيّ القطع،

- مجمِّعات فرينل من نوع العدسات،

- المجمِّعات المتطورة، التي تم تطويرها على أساس عناصر بصرية لا تقوم بالتصوير.

9- وحدة طاقة شمسية وفقاً لأي من عناصر الحماية 1إلى 8، حيث تتميز بأنها تشتمل أيضاً على واحد على الأقل جهاز التتبع ثنائية المحاور لتوجيه المجمّعات.

10- وحدة طاقة شمسية وفقاً لعنصر الحماية رقم 9، تتميز بأنه يتم ربط كل مجمّع شمسي بجهاز التتبع المستقل الخاص به.

11- وحدة طاقة شمسية وفقاً لعنصر الحماية رقم 9، تتميز بأنها تشتمل على جهاز تتبع واحد على الأقل مرتبط بالعديد من المجمّعات (11).

12- وحدة طاقة شمسية وفقاً لأي من عناصر الحماية 3إلى 11، تتميز بأن موجّهات الضوء (8) تُختار من قائمة تتضمن:

- الموجّهات التقليدية من ألياف ضوئية،

- الموجّهات من نوع PCF،

- موجّهات الضوء السائلة.

13- وحدة طاقة شمسية وفقاً لعنصر الحماية رقم 12، تتميز بأن موجّهات الضوء من الألياف الضوئية التقليدية (8) تُختار من قائمة تتضمن:

- الموجّهات من نوع MCVD، و

- الموجّهات من نوع OVD،

14- وحدة طاقة شمسية وفقاً لعنصر الحماية رقم 12، تتميز بأن موجّهات الضوء من نوع PCF (8) تُختار من قائمة تتضمن:

- الموجّهات من نوع IGF،

- الموجّهات من نوع PBF، و

15- وحدة طاقة شمسية وفقاً لعنصر الحماية رقم 12، تتميز بأن موجّهات الضوء من نوع PCF (8) تكون مشابة بـ P_2O_5.

16- وحدة طاقة شمسية وفقاً لأي من عناصر الحماية 13إلى 15، تتميز بأنه يتم تصميم موجّهات الضوء (8) باستخدام مواد تُختار من قائمة تتضمن:

- موجّهات الضوء من السيليكا المدمجة؛

- موجّهات الضوء من الزجاج ZBLAN؛ و

- موجّهات الضوء من الزجاج GaLaS؛

17- وحدة طاقة شمسية وفقاً لعنصر الحماية رقم 7، تتميز بأن المستقبل (1) يكون من النوع الشمسي الحراري، حيث الإشعاع الساقط على المناطق المتجاورة للمستقبل (1) يأتي من الموجّهات (8،15) الموجودة في المناطق الغير متجاورة للمجمّعات (11).

18- وحدة طاقة شمسية وفقاً لعنصر الحماية رقم 17، تتميز بأنه يتم توجيه موجّهات الضوء (8) مباشرة إلى المستقبل (1)، بحيث لا يتم توجيه كل موجّهات الضوء (8) لمنطقة واحدة من المجمّعات (11) إلى نفس المنطقة من المستقبل (1)، لكن في كل منطقة من المستقبل (1)، موجّهات الضوء (8) المجاورة لتلك التي من منطقة واحدة من المجمّعات (11) تأتي من مناطق

المجمع (11) الموجودة في أي مكان آخر.

19- وحدة طاقة شمسية وفقاً لعنصري الحماية 17و18 ، تتميز بأنه تتم مضاعفة موجّهات الضوء (8) لمنطقة من المجمع (11) بحيث الموجّهات المشتركة (15) المتجاورة في المستقبل (1) تقوم بتجميع موجّهات الضوء (8) التي تأتي من مناطق المجمع (11) الموجودة في أي مكان آخر.

20- وحدة طاقة شمسية وفقاً لعنصري الحماية 17و18 ، تتميز بأن الموجّهات المشتركة (15) تقوم بتجميع موجّهات الضوء (8) من المناطق المختلفة للمجمّعات (11).

21- وحدة طاقة شمسية وفقاً لأي من عناصر الحماية السابقة، تتميز بأنه تتم استثارة جهاز الليزر (10) طولياً.

22- وحدة طاقة شمسية وفقاً لأي من عناصر الحماية السابقة، تتميز أيضاً بأنها تتضمن وسيلة تخزين (16) لتخزين جزء من الإشعاع الشمسي المحوَّل.

23- وحدة طاقة شمسية وفقاً لعنصر الحماية رقم 22، تتميز بأن وسيلة التخزين (16) تتضمن واحد على الأقل من القائمة الآتية:

-مراكم كهربائي؛

- صهاريج تخزين للهواء الساخن/الغاز؛

- صهاريج تخزين للبخار المشبع المضغوط؛ و

- صهاريج تخزين لمائع ناقل للحرارة من نوع الملح عند درجة حرارة مرتفعة.

24- وحدة طاقة شمسية وفقاً لأي من عناصر الحماية السابقة، حيث تتميز بأنها تشتمل أيضاً على وسيلة تحويل لتحويل الطاقة الحرارية للمستقبل إلى طاقة كهربائية.

25- وحدة طاقة شمسية وفقاً لعنصر الحماية رقم 24، تتميز بأن وسيلة التحويل تُختار من قائمة تتضمن:

- توربين بخاري (يعمل بالبخار)؛

- توربين غازي؛

- محرك ستيرلينج؛

- توربين بحجم الميكرو؛ و

- عنصر AMTEC.

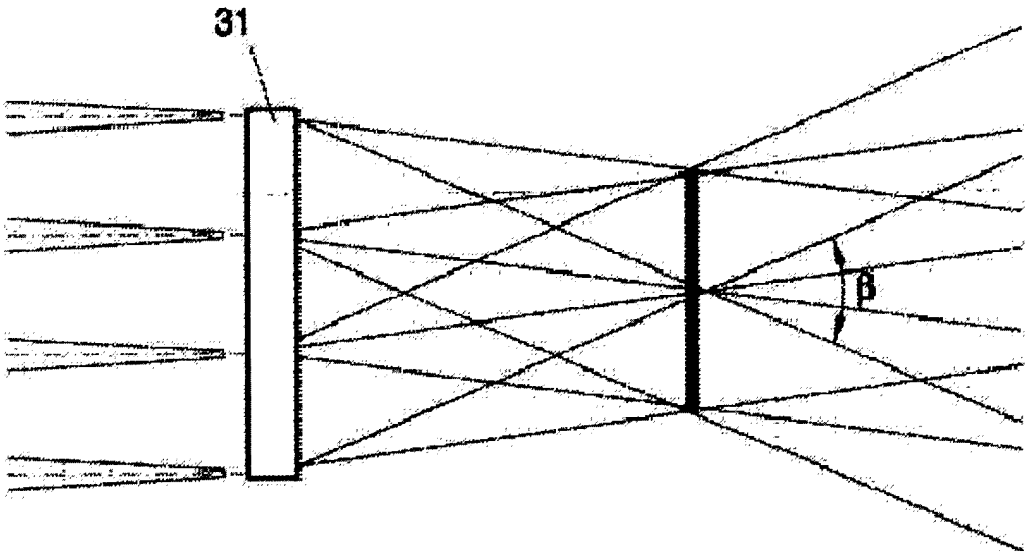
26- وحدة طاقة شمسية وفقاً لعنصر الحماية رقم 1، تتميز بأنه تتم تهيئة المفاعل الشمسي (21) للحصول على وقود شمسي واحد على الأقل يُختار من قائمة تتضمن:

- الهيدروجين، مباشرة من الماء عند درجة حرارة لا تزيد عن 2000 ْم، و

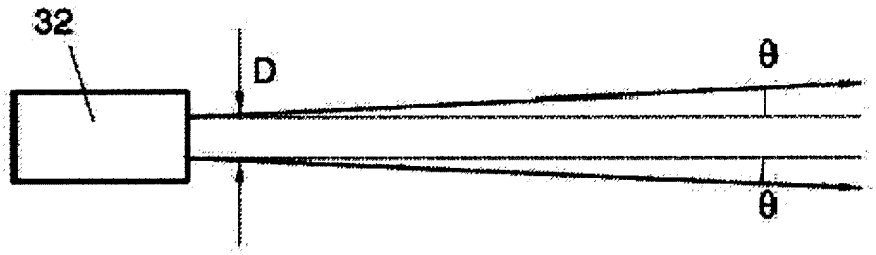
- الأمونيا، من النيتروجين والهيدروجين.

27- وحدة طاقة شمسية وفقاً لعنصر الحماية رقم 26، تتميز بأنه تتم تهيئة المفاعل الشمسي (21) لإنتاج الهيدروجين باستخدام الزنك.

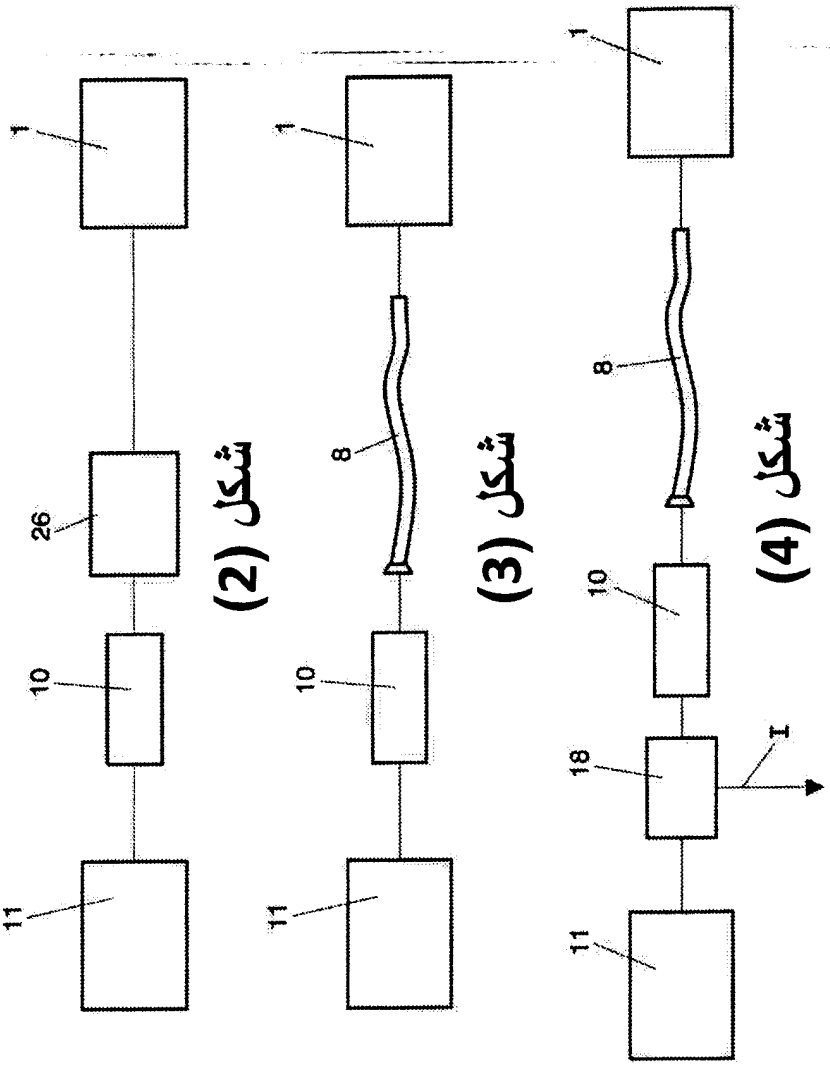
28- وحدة طاقة شمسية وفقاً لعنصر الحماية رقم 26، تتميز بأنه تتم تهيئة المفاعل الشمسي (21) لإنتاج الهيدروجين باستخدام عمليات اليود والكبريت.



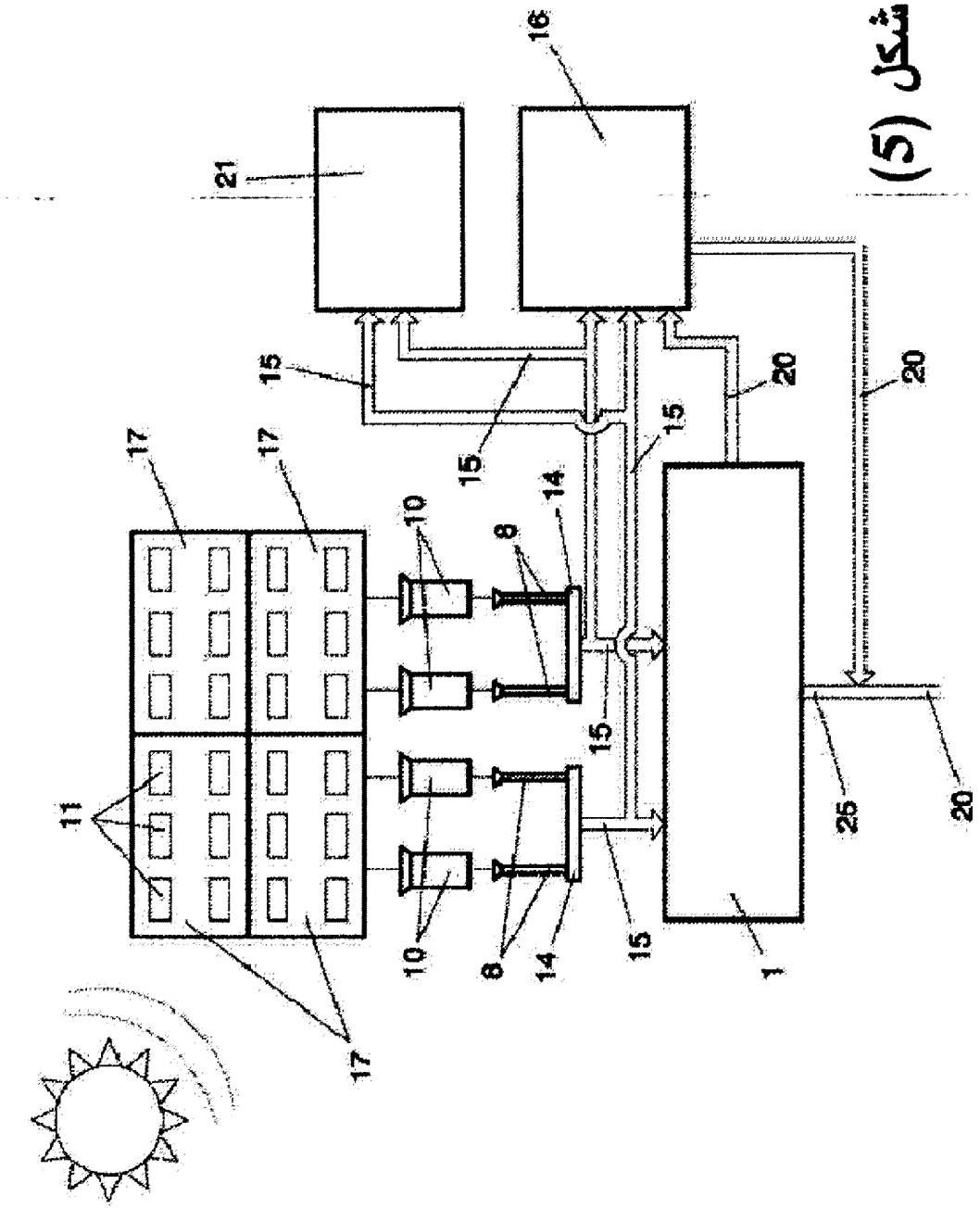
شكل (1أ)

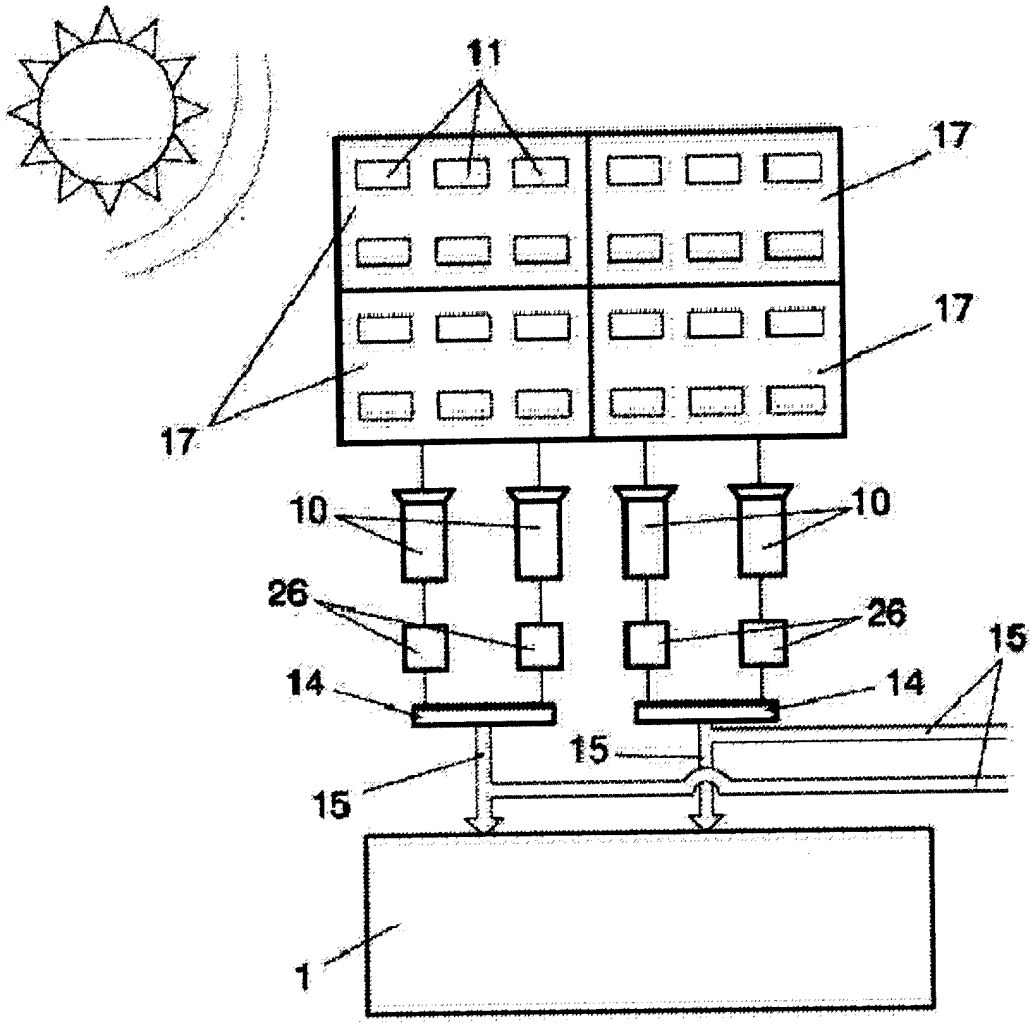


شكل (1ب)


1
26
10
11
شكل (2)
1
8
10
11
شكل (3)
1
8
10
18
I
11
شكل (4)

شكل (5)





شكل (6)