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 33997 B1**

(51) Cl. internationale :
**G02B 19/00**

(43) Date de publication :
**01.02.2013**

(21) N° Dépôt :
**35136**

(22) Date de Dépôt :
**08.08.2012**

(30) Données de Priorité :
**19.02.2010 ES P201030241**

(86) Données relatives à l'entrée en phase nationale selon le PCT :
**PCT/ES2011/070065 02.02.2011**

(71) Demandeur(s) :
**ABENGOA SOLAR NEW TECHNOLOGIES, S.A., Avda. de la Buhaira 2 Sevilla E-41018 Sevilla (ES)**

(72) Inventeur(s) :
**CAPARROS JIMENEZ, Sebastian ; ROWLEY DAVENPORT, Thomas Lewis**

(74) Mandataire :
**SMAS INTELLECTUAL PROPERTY**

(54) Titre : **SYSTÈME DE CONCENTRATION SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE**

(57) Abrégé : L'INVENTION CONCERNE UN SYSTÈME DE CONCENTRATION SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE PRÉSENTANT UNE LENTILLE CONCENTRATRICE DE FRESNEL (1) À ÉPAISSEUR DE FACETTE CONSTANTE AU NIVEAU D'UNE PREMIÈRE ZONE, CONCRÈTEMENT LA ZONE CENTRALE DE LA LENTILLE (1), PASSANT ENSUITE À UNE HAUTEUR DE FACETTE CONSTANTE AU NIVEAU D'UNE SECONDE ZONE, CONCRÈTEMENT LA ZONE PÉRIPHÉRIQUE DE LA LENTILLE (1) AFIN DE MAXIMISER LE RENDEMENT OPTIQUE DE LA LENTILLE (1), LES ABERRATIONS TYPIQUES DU SYSTÈME ÉTANT AINSI CONTRÔLÉES. LE SYSTÈME DE CONCENTRATION SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE COMPREND EN OUTRE UN ÉLÉMENT OPTIQUE SECONDAIRE (2) PRÉSENTANT UNE FACE D'ENTRÉE (3) CIRCULAIRE ET DE COURBURE CONVEXE, UNE SECTION DESTINÉE À RECEVOIR UN REBORD (4), AINSI QU'UNE SECTION PYRAMIDALE (6), LA SECTION TRANSVERSALE PASSANT DE CIRCULAIRE À CARRÉE AU NIVEAU DE L'EXTRÉMITÉ INFÉRIEURE (7) AU NIVEAU DE LAQUELLE EST REÇU LE RÉCEPTEUR PHOTOVOLTAÏQUE. CE SYSTÈME AMÉLIORE LE RENDEMENT OPTIQUE ET THERMODYNAMIQUE

DES SYSTÈMES EXISTANTS, FACILITE LA PRODUCTION ET L'INSTALLATION DANS LE MODULE PHOTOVOLTAÏQUE ET DIMINUE LES COÛTS ASSOCIÉS À LA FABRICATION.

MA 33997B1

01 FEV 2013



# نظام شمسي فلطائي ضوئي مركّز

# CONCENTRATED PHOTOVOLTAIC SOLAR SYSTEM

## الملخص

يتعلق الاختراع الراهن بنظام شمسي فلطائي ضوئي مركّز concentrated photovoltaic solar systems يحتوي على مركز يشتمل على عدسة فريسنل Fresnel lens concentrator (1) لها سماكة ثابتة للسطيح constant facet thickness في منطقة أولى، وبالتحديد المنطقة المركزية للعدسة (1)، ولها ارتفاع سطيحي ثابت constant facet height في منطقة ثانية، وبالتحديد المنطقة المحيطية للعدسة (1)، لزيادة الفعالية البصرية للعدسة (1) إلى الحد الأقصى، والمحافظة على انحرافات aberrations النظام النموذجية تحت السيطرة. كما يشتمل النظام الشمسي الفلطائي الضوئي المركز على عنصر بصري ثانوي secondary optical element (2) يحتوي على وجه امتصاص intake face دائري (3) وانحناء محدب، مقطع لاستيعاب الحافة rim (4)، ومقطع هرمي pyramidal section (6)، ويتغير المقطع المستعرض من دائري إلى مربع في الطرف السفلي (7) حيث يوجد المستقبل الفلطائي الضوئي photovoltaic receiver. ويحسن هذا النظام الفعالية البصرية والدينامية الحرارية للأنظمة الحالية، مما يسهل عمليتي الإنتاج والتركيب في الوحدة الفلطائية الضوئية photovoltaic module، ويقلل تكاليف التصنيع.

# نظام شمسي فلطائي ضوئي مركّز

# CONCENTRATED PHOTOVOLTAIC SOLAR SYSTEM

## الوصف الكامل

### خلفية الاختراع

يتعلق الاختراع الراهن بالمجال التقني لأنظمة شمسية فلطائية ضوئية مركّزة concentrated photovoltaic solar systems لاستخدام الطاقة الشمسية solar energy لتوليد طاقة كهربائية electric energy، وتحديداً يتعلق الاختراع بأنظمة شمسية فلطائية ضوئية عالية التركيز high-concentration photovoltaic solar systems، والأكثر تحديداً بأنظمة مشكلة غالباً بواسطة مركّز يشتمل على عدسات فريسنل Fresnel lens concentrator، عنصر بصري ثانوي secondary optical element ومستقبل فلطائي ضوئي photovoltaic receiver.

ولقد تم اقترح وتطوير العديد من الأنظمة الشمسية الفلطائية المركّزة (CPV) خلال القرن العشرين وحتى أيامنا هذه. وعلى الرغم من هذا التاريخ الطويل، فإن هذه الأنظمة ليست تنافسية في الوقت الحاضر من حيث التكلفة والكفاءة بالنسبة للأشكال التقليدية لإنتاج الطاقة.

وتبين براءة الاختراع الدولية رقم 2006114457، براءة الاختراع الأمريكية رقم 2009106648 وبراءة الاختراع الدولية رقم 2009058603 مخطط العمل النموذجي لنظام شمسي فلطائي ضوئي مركّز. ويتكون النظام المذكور من مركّز للضوء يشتمل على عدسات فريسنل وعنصر بصري ثانوي يزود النظام بتركيز أكبر. وقد اقترحت عدة أنظمة تستخدم عدسات فريسنل مع وبدون عناصر بصرية ثانوية.

وتوجد أنظمة شمسية فلطائية ضوئية مركّزة أخرى تعتمد على تقنية كاسيجرين Cassegrain technology. وتتكون الأنظمة المذكورة من زوج من المرايا وعنصر بصري مجانس ثلاثي tertiary homogenizing optical element. وأيضاً، هناك عناصر بصرية مركّزة أخرى أساسها مرايا على شكل قطع مكافئ parabolic mirrors. ويمكن تشكيل الأنظمة المذكورة بواسطة مرايا أو يمكن أن تكون عبارة عن نظام مصمت بالكامل يعتمد على الانعكاس الداخلي الكلي Total Internal Reflection (TIR)، كما هو موضح في وثيقتي براءتي الاختراع الدوليتين بالرقمين 2009058603 و 2009086293.

وفي الآونة الأخيرة، وجدت أنظمة مركّزة موجهة للضوء light-guiding concentrated systems مسجلة، كما هو مبين في وثيقة براءة الاختراع الدولية رقم 2008131566. وتتميز الأنظمة المذكورة بتراصها الكبير الاكتناز مقابل الأنظمة التقليدية.

ويجب أن يكون للنظام الشمسي الفلطائي الضوئي المركّز المثالي الخصائص التالية ليكون قادراً على المنافسة: أقل فقدان في الأنظمة المركزة البصرية، أي، يحقق كفاءة بصرية أكبر؛ تمثل حلاً فعالاً من حيث التكلفة والوثوقية على المدى الطويل؛ يكون مضغوطاً ويحقق أقصى كفاءة حرارية دينامية، أي يحقق أقصى درجة ممكنة من التركيز، مع الحفاظ على أدنى خلوص للتصنيع manufacturing clearances.

وفضلاً عن ذلك، يجب أن يعمل النظام الشمسي الفلطائي الضوئي المركّز المثالي على زيادة استخدام الامتداد etendue إلى الحد الأقصى. وقد تم وصف مفهوم الامتداد من قبل دكتور وينستون Dr. Winston وشريكه في المرجع Non Imaging Optics ويعد مهماً بدرجة كبيرة في نظام شمسي فلطائي ضوئي مركّز. وتعني زيادة الامتداد إلى الحد الأقصى زيادة زاوية القبول acceptance angle لنظام معين إلى الحد الأقصى للحصول على درجة تركيز معينة، أو زيادة التركيز إلى الحد الأقصى لزاوية قبول معينة. ولوحدة ذات استخدام أقصى للامتداد القدرة على تركيز الإشعاع الشمسي solar radiation على نحو فعال، مما يقلل من تكلفة العنصر شبه الموصل semiconductor element وبالتالي تكلفة الوحدة، وتزود النظام بالتفاوت المسموح به اللازم ليتم تركيبه في أنظمة حقيقة لتتبع الطاقة الشمسية real solar tracking systems، وإتاحة خلوص تصنيع للوحدة دون التأثير على أدائها.

وتحدد أقصى درجة للتركيز يمكن الوصل إليها لزاوية قبول معينة من خلال المعادلة التالية:

$$Cmax = \frac{(n^2 \cdot \sin(\theta_1)^2)}{(\sin(\theta_2))^2}$$

حيث يمثل n معامل الانكسار refractive index للوسط الذي يتم فيه غمر المستقبل الفلطائي الضوئي photovoltaic receiver، وتمثل θ1 زاوية الامتصاص intake angle في الخلية الفلطائية الضوئية photovoltaic cell وتمثل θ2 زاوية القبول في النظام.

وتعتبر الأنظمة الشمسية الفلطائية الضوئية المركّزة من خلال عدسات فريسنل الأكثر استخداماً على نطاق واسع، نظراً لأنها تمثل تقنية معروفة، قياسية ومجدية من الناحية الاقتصادية. ومع ذلك، فهي لا تعتبر أنظمة متراصة بشكل مفرط ولا تزيد من استخدام الامتداد

إلى الحد الأقصى. ومع ذلك، فقد تم نشر بعض الوثائق فميا يتعلق بزيادة استخدام الامتداد إلى الحد الأقصى باستخدام أنظمة عدسات ذات أطوال بؤرية focal lengths مرتفعة جداً وعناصر ثانوية ذات انحناء معين عند واجهة الامتصاص.

ويتم إدخال الأنظمة الانعكاسية reflexive systems تدريجياً، وتكون بشكل عام متراصة بدرجة أكبر من الأنظمة الانكسارية refractive systems، وباستخدام التصميم الملائم تعمل على زيادة استخدام الامتداد إلى الحد الأقصى بالمقارنة مع العدسات. إلا أن لها كفاءات بصرية أقل وتشمل عدد أكبر من العناصر.

وتعتبر الأنظمة الموجهة للضوء، إلى حد بعيد، الأكثر تراصاً. ومع ذلك، فإنها لا تزال بحاجة إلى إظهار كفاءتها البصرية، تكلفتها ووثوقيتها على المدى الطويل.

ولذلك من المرغوب الحصول على نظام يحقق تركيز مرتفع للطاقة الشمسية الفلطائية الضوئية مع تفادي عدم التلاؤم الموجود في الأنظمة السابقة للتقنية السابقة.

**الوصف العام للاختراع**

يحُل الاختراع الراهن مشاكل التقنية عن طريق نظام شمسي فلطائي ضوئي مركز مشكل عن طريق مركز يشتمل على عدسة فريسنل، عنصر بصري ثانوي ومستقبل فلطائي ضوئي.

ويمكن عموماً تحديد عدسات فريسنل بشكلين: بسماكة سطيحية ثابتة (ميل مكافئ)، أو بارتفاع سطيحي ثابت (عمق مكافئ). ولكل من الشكلين ميزاته وعيوبه.

ويميل كل تصميم لعدسة فريسنل لمعادلة عاملين مع بعضهما البعض: أولاً، جعل العدسة فعالة قدر الإمكان، حيث يتم تحقيق ذلك عن طريق زيادة النسبة بين سماكة السطيح واستدارته في القمة إلى الحد الأقصى، بسبب عملية إنتاج الغشاء أو القالب.

ثانياً، التحكم بانحرافات العدسة، حيث يتم تحقيق ذلك بشكل أساسي عن طريق التحكم بالطول البؤري بحيث تكون قيمه ملائمة وجعل سماكة السطيح أقل ما يمكن.

وتكون معادلة التأثيرين متضادة. وإذا كان الغرض زيادة السماكة إلى الحد الأقصى بالنسبة للقمة، فإنه ينبغي استخدام تصميم ثابت الارتفاع. وفي تصميم ثابت الارتفاع، يكون للسطيحات المركزية في العدسة سماكة عالية جداً، حيث يكون الأداء خارج المحور للعدسة بسبب الانحرافات غير مرغوباً. وذلك يقلل من زاوية القبول للنظام.

وبالمقابل يتم عادة صنع تصميم ثابت السماكة في كل السطيحات التي يقل طولها عن 1 ملم، مما يؤدي إلى أن يكون السلوك خارج المحور أفضل نسبياً من الحالة السابقة؛ إلا أنه، تشغل القمة المستديرة حيزاً أكبر نسبياً في العدسة الكلية مما يجعله أقل فعالية.

والحل المقترح في الاختراع الراهن هو عدسة هجينة لها ميزات نوعي التصميم. وسيكون للجزء المركزي من العدسة سماكة ثابتة لا تزيد عن 1 ملم. وعندما يتم إدخال عدد أكبر من السطيحات، سيتم الوصول إلى أقصى نقطة ارتفاع للسطيح المذكور (الذي سيعتمد على ماذا سيحدد كل مزود وفقاً لعمليته). وعند الوصول إلى هذه النقطة، يصبح التصميم تصميماً ثابت الارتفاع. ولذلك، تكون عبارة عن عدسات هجينة، لها سماكة ثابتة في المنتصف وارتفاع ثابت في المنطقة المحيطية.

ويكون لهذا النوع من التصاميم ميزة تحسين نقطتين وهما فعالية العدسة، إظهار سلوك مقبول فيما يتعلق بالانحرافات خارج المحور، وبالتالي زيادة زاوية القبول للنظام.

وينبغي وضع العناصر البصرية الثانوية في الموقع الملائم لزيادة استغلال الامتداد إلى الحد الأقصى. ولقد وصف الدكتور ونستون التصاميم التي تمكن من الوصول إلى الحدود البصرية. وتم الوصول إلى الحدود المذكورة باستخدام #F= 3، D/f =F#، حيث:

f= الطول البؤري للعدسة،

D= قطر الوجه امتصاص الضوء للعدسة.

وتصل العناصر البصرية للعدسات لهدف الأنظمة المركزة للاختراع الراهن إلى الحدود في مدى لـ F# أقل إلى حد بعيد. ويضفي F# منخفض أنظمة مدمجة بدرجة أكبر وأجزاء صغيرة الحجم، مما ينتج حلول فعالة بدرجة أكبر من الناحية الاقتصادية.

ويبين الجدول التالي زيادة استخدام النظام للامتداد بزيادة F#.

| الحالة | F# | Cx الفعلي | زاوية القبول (°) | Cmax | مربع Cmax | النسبة المئوية للامتداد |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0.9 | 700 | 1.45 | 2882.5 | 1441.3 | ٪48.6 |
| 2 | 1.1 | 700 | 1.85 | 1771.0 | 885.5 | ٪79.1 |
| 3 | 1.2 | 700 | 1.91 | 1661.5 | 830.8 | ٪84.3 |
| 4 | 1.3 | 700 | 1.93 | 1627.3 | 813.7 | ٪86.0 |
| 5 | 1.4 | 700 | 1.94 | 1610.6 | 805.3 | ٪86.9 |
| 6 | 1.5 | 700 | 1.98 | 1546.2 | 773.1 | ٪90.5 |

وتلاحظ زيادة مهمة في كفاءة النظام عندما يتغير F# من 0.9 (أدنى قيمة عملية في الأنظمة الحقيقية) إلى 1.2. ومن وجهة النظر هذه، يصبح التحسين نسبياً على نحو كبير، ويظهر المنحنى سلوكاً مقارباً. ولذلك، من غير الملائم استخدام العدسات التي لها F# يزيد عن 1.5 في هذه الأنظمة، لأن ذلك سيزيد من تكلفة النظام بدون تزويد أي تحسين كبير. ولقد تم تقدير حالة وسطية حيث F#= 1.2.

وتتميز العناصر البصرية الثانوية المراد قرنها مع العدسات التي تقع بين F# محدد بامتصاص لمنحنى مقعر، مقطع لاستيعاب الحافة والهرم المقطوع، ويتغير المقطع المستعرض من دائري إلى مربع، حيث سيتم وضع المستقبل الفلطائي الضوئي.

ويشتمل وجه الامتصاص على مقطع امتصاص دائري ويكون محدباً بحيث يضيف سعة بصرية للعنصر البصري الثانوي، مما يتيح بنيات مدمجة بدرجة أكبر ويحسن الكفاءة. ويكون الوجه المذكور دائرياً، بسبب حقيقة أن التشكيلة المذكورة تمكن الالتقاط الأفضل للأشعة من السطح المربع المكافئ، وزيادة بالتالي التحمل الزاوي للنظام الثانوي للعدسة الكاملة.

ومن ثم تكون هناك منطقة غير فعالة أو فعالة حيث توجد الحافة. وتستلزم الحافة المذكورة ميزة عمليات تصنيع بالقولبة وتتيح القرن الميكانيكي للعنصر الثانوي داخل القالب. وبالمثل، تسهل المعالجة اللاحقة للأجزاء عندما تتم قولبتها. ويمكن دمج الحافة في القالب أو عدم دمجها.

**<u>شرح مختصر للرسومات</u>**

فيما يلي وصف لأحد تجسيدات الاختراع الذي يعتبر مثالاً غير محدّد له يساعد على فهم الاختراع بالرجوع إلى مجموعة الرسومات.

الشكل 1 : يبيِّن مخطط تشغيل نموذجي لنظام شمسي فلطائي ضوئي مركّز معروف في التقنية السابقة.

الشكل 2 : يبيِّن تشغيل نظام شمسي فلطائي ضوئي مركِّز آخر بناء على تقنية كاسغرين Cassegrain، معروف أيضاً في التقنية السابقة.

الشكل 3 : يبيِّن عناصر تركيز بصرية concentration optical elements تعتمد على مرايا على شكل قطعي مكافئ، موجودة في التقنية السابقة.

الشكل 4 : يبيِّن نظام مركِّز موجّه للضوء، موجود في التقنية السابقة.

الشكل 5 : يبيِّن العلاقة بين سماكة واستدارة المركِّز الذي يشتمل على عدسات فريسنل.

الشكل 6 : يبيِّن العلاقة بين عدد F# وامتداد جسم النظام وفقاً للاختراع الراهن.

الشكل 7 : يبيِّن مناظر مختلفة لجسم عنصر بصري ثانوي وفقاً للاختراع الراهن.

الشكل 8 : يبيِّن وسائط تجسيد مفضل لعدسات جسم النظام وفقاً للاختراع الراهن.

الشكل 9 : يبيِّن تجسيد مفضَّل لعنصر بصري ثانوي لجسم النظام وفقاً للاختراع الراهن.

وفي هذه الأشكال يُشار إلى مجموعة العناصر التالية:

1. مركِّز عدسات فريسنل
2. عنصر بصري ثانوي
3. واجهة امتصاص للعنصر البصري الثانوي
4. حافة العنصر البصري الثانوي
5. مقطع مستعرض دائري
6. مقطع هرمي للعنصر البصري الثانوي
7. الطرف السفلي للمقطع الهرمي للعنصر البصري الثانوي

**الوصف التفصيلي**

فيما يلي وصفاً تفصيلياً لتجسيد مفضل لوسائط التصميم يصف المركِّز الذي يشتمل على عدسات فريسنل 1 والعنصر البصري الثانوي 2.

ويحدَّد النظام الموصوف بواسطة التركيز الهندسي 1000 X يركز الإشعاع في خلية فلطائية ضوئية مساحتها 5.5 × 5.5 ملم$^2$. ويحدد هذا مركِّز يشتمل على عدسات فريسنل 1 بمساحة تبلغ 174 × 174 ملم$^2$. ويثبَّت F# للعدسات 1 عند 1.2. وتعتبر القيمة المذكورة قيمة وسطية بين تراص النظام واستخدام الامتداد.

ويثبَّت تصميم العدسات 1 بالطريقة التالية:

يكون للجزء المركزي من العدسات تصميم ذو سماكة محددة تبلغ 1 ملم. وتسمح السماكة المذكورة بالحصول على عدسة بفعالية جيدة وسلوك جيد بعيداً عن المحور، وبالتالي تحسن زاوية قبول النظام.

وحالما يتم الوصول إلى أقصى ارتفاع يبلغ 0.4 ملم لواجهة العدسات، تتم المحافظة على القيمة القصوى المذكورة إلى أن يتم الوصول إلى الحافة الخارجية للواجهة. ويبين الشكل 8 جانبية العدسات الهجينة المذكورة.

وتم استمثال العنصر البصري الثانوي 2 لزاوية قبول تبلغ 1.4°. ويبين الشكل 9 تصميم للعنصر البصري الثانوي 2، يكون مع المركز الذي يشتمل على عدسات فريسنل 1 قادراً على تثبيت الأداء عند 1000 X وبزاوية قبول تبلغ 1.4°.

ويحدد تجسيد مفضل آخر لجسم النظام الشمسي الفلطائي الضوئي المركّز وفقاً للاختراع الراهن بتركيز هندسي يبلغ 700 X بحيث يثبَّت #F للعدسات 1 عند 1.2 ويكون للعنصر البصري الثانوي 2 زاوية قبول تبلغ 1.91°.

ويبين الشكل 6 العلاقة بين #F وامتداد جسم النظام وفقاً للاختراع الراهن.

ووفقاً لتجسيد مفضل للاختراع يمكن ملاحظتة في الرسوم، يشتمل العنصر البصري الثانوي 2 على واجهة امتصاص محدبة المنحنى 3، ومقطع بشكل هرمي مقطوع 6 من جزئه السفلي. وبالإضافة إلى ذلك، يشتمل النظام على حافة 4 حول واجهة الامتصاص 3 للعنصر البصري الثانوي 2، ويكون للحافة المذكورة شكل مربع أو دائري. ويمكن أن تكون هذه الحافة 4 فعالة بصرياً، أو غير فعالة، ويمكن تشكيلها في جزء مكمل للعنصر البصري الثانوي 2، أو بشكل منفصل عنه.

ويفضل أن يشتمل العنصر البصري الثانوي 2 بجانب واجهة الامتصاص 3 على مقطع مستعرض دائري 5، محول بشكل تدريجي إلى مقطع مستعرض مربع حتى يتم الوصول إلى الطرف السفلي 7 للمقطع الذي يشكل هرم مقطوع 6، ويوجد الطرف السفلي 7 المذكور حيث يثبَّت المستقبل الفلطائي الضوئي.

وفي حين وصف الاختراع بشكل واضح أعلاه، ينبغي التأكيد على أن التجسيدات المحددة الموصوفة أعلاه يمكن تعديلها بشكل مفصّل شريطة عدم تغيير المبدأ الأساسي والعنصر الجوهري للاختراع.

## عناصر الحماية

1- نظام شمسي فلطائي ضوئي مركّز concentrated photovoltaic solar system يشتمل على
- مركّز يشتمل على عدسات فريسنل Fresnel lens concentrator (1)،
- عنصر بصري ثانوي secondary optical element (2)، و
- مستقبل فلطائي ضوئي photovoltaic receiver،

ويتميز النظام الشمسي الفلطائي الضوئي المركّز المذكور بأن المركّز الذي يشتمل على عدسات فريسنل (1) يكون عبارة عن عدسة هجينة hybrid lens تشتمل على
- منطقة أولى على الأقل ذات سماكة سُطيحية ثابتة constant facet thickness، و
- ومنطقة ثانية على الأقل ذات ارتفاع سُطيحي ثابت constant facet height.

2- النظام الشمسي الفلطائي الضوئي المركّز concentrated photovoltaic solar system وفقاً لعنصر الحماية 1، يتميز بأن المنطقة الأولى ذات السماكة السُطيحية الثابتة constant facet thickness هي المنطقة المركزية للمركز الذي يشتمل على عدسات فريسنل Fresnel lens concentrator (1).

3- النظام الشمسي الفلطائي الضوئي المركّز concentrated photovoltaic solar system وفقاً لأي من عناصر الحماية السابقة، يتميز بأنه يكون للمنطقة الأولى للمركز الذي يشتمل على عدسات فريسنل Fresnel lens concentrator (1) التي لها سماكة سُطيحية ثابتة سماكة لا تزيد عن 1 ملم.

4- النظام الشمسي الفلطائي الضوئي المركّز concentrated photovoltaic solar system وفقاً لعنصر الحماية 1، يتميز بأن المنطقة ذات الارتفاع السُطيحي الثابت constant facet height تتمثل في المنطقة المحيطية للمركّز الذي يشتمل على عدسات فريسنل Fresnel lens concentrator (1).

5- النظام الشمسي الفلطائي الضوئي المركّز concentrated photovoltaic solar system وفقاً لأي من عناصر الحماية السابقة، يتميز بأن المركّز الذي يشتمل على عدسات فريسنل

Fresnel lens concentrator (1) الموجود في المنطقة المركزية ذات السماكة الثابتة يعمل على زيادة ارتفاع السُطيح ليصل إلى نقطة ارتفاع قصوى، بازدياد عدد السُطيحات للمركِّز الذي يشتمل على عدسات فريسنل (1).

6- نظام شمسي فلطائي ضوئي مركز concentrated photovoltaic solar system يشتمل على

- مركِّز يشتمل على عدسات فريسنل Fresnel lens concentrator (1)،
- عنصر بصري ثانوي secondary optical element (2)، و
- مستقبل فلطائي ضوئي photovoltaic receiver،

يتميز بأنه

- يشتمل العنصر البصري الثانوي (2) على واجهة امتصاص محدبة منحنية curve convex intake face (3)،
- ويشتمل العنصر البصري الثانوي (2) المذكور على مقطع بشكل هرمي مقطوع truncated pyramid-shaped section (6).

7- النظام الشمسي الفلطائي الضوئي المركِّز concentrated photovoltaic solar system وفقاً لعنصر الحماية 6، يتميز بأن العنصر البصري الثانوي secondary optical element (2) يشتمل على حافة rim (4) مرتبة حول واجهة الامتصاص intake face (3).

8- النظام الشمسي الفلطائي الضوئي المركِّز concentrated photovoltaic solar system وفقاً لعنصر الحماية السابق، يتميز بأنه يكون للحافة rim (4) شكل هندسي يختار بين المربع والدائرة.

9- النظام الشمسي الفلطائي الضوئي المركِّز concentrated photovoltaic solar system وفقاً لأي من عنصري الحماية 7 إلى 8، يتميز بأن الحافة rim (4) للعنصر البصري الثانوي secondary optical element (2) تكون غير فعالة بصرياً.

10- النظام الشمسي الفلطائي الضوئي المركِّز concentrated photovoltaic solar system وفقاً لأي من عنصري الحماية 7 إلى 8، تتميز بأن الحافة rim (4) للعنصر البصري الثانوي

secondary optical element (2) تكون غير فعالة بصرياً.

11- النظام الشمسي الفلطائي الضوئي المركّز concentrated photovoltaic solar system وفقاً لأي من عناصر الحماية 7 إلى 10، يتميز بأنه تكون الحافة rim (4) متكاملة مع العنصر البصري الثانوي secondary optical element (2).

12- النظام الشمسي الفلطائي الضوئي المركّز concentrated photovoltaic solar system وفقاً لأي من عناصر الحماية 7 إلى 10، يتميز بأنه الحافة rim (4) تكون مستقلة عن العنصر البصري الثانوي secondary optical element (2).

13- النظام الشمسي الفلطائي الضوئي المركّز concentrated photovoltaic solar system وفقاً لأي من عناصر الحماية 6 إلى 12، يتميز بأنه

- يشتمل العنصر البصري الثانوي secondary optical element (2)، بجوار واجهة الامتصاص intake face (3) على مقطع مستعرض دائري circular transverse section (5)،
- يصبح المقطع المستعرض الدائري المذكور (5) بشكل تدريجي مقطعاً مستعرضاً مربع الشكل إلى أن يصل إلى الطرف السفلي (7) للمقطع ذي الشكل الهرمي المقطوع truncated pyramid-shaped section (6) للعنصر البصري الثانوي (2).

14- النظام الشمسي الفلطائي الضوئي المركّز concentrated photovoltaic solar system وفقاً لأي من عناصر الحماية السابقة، يتميز بأن نسبة استخدام الامتداد etendue في النظام الشمسي الفلطائي الضوئي المركّز المذكور تتراوح بين 45٪ و 95٪.

15- النظام الشمسي الفلطائي الضوئي المركّز concentrated photovoltaic solar system وفقاً لعنصر الحماية السابق، يتميز بأن

- المركّز الذي يشتمل على عدسات فريسنل Fresnel lens concentrator (1) له
- طول بؤري focal length للعدسات المذكورة (1) إلى العنصر البصري الثانوي secondary optical element (2) f،

و

- قطر لواجهة امتصاص الضوء light intake face في العدسات (1) D،

وتتراوح النسبة #F =D/f بين 0.9 و 1.5،

- وبأن العنصر البصري الثانوي (2) يكون له زاوية قبول تتراوح بين 1.20° و 1.99°.

16- النظام الشمسي الفلطائي الضوئي المركّز concentrated photovoltaic solar system وفقاً لعنصر الحماية السابق، يتميز بأنه يشتمل على

- تركيز هندسي geometrical concentration بمقدار X1000،
- مركّز يشتمل على عدسات فريسنل Fresnel lens concentrator (1) له نسبة لـ #F = 1.2، و
- عنصر بصري ثانوي secondary optical element (2) ذو زاوية قبول acceptance angle تبلغ 1.4°.

17- النظام الشمسي الفلطائي الضوئي المركّز concentrated photovoltaic solar system وفقاً لعنصر الحماية السابق، يتميز بأنه

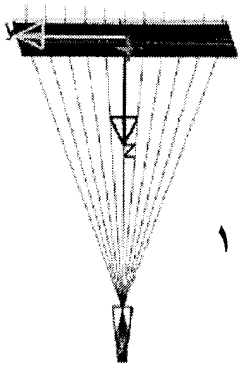
- لا تزيد السماكة الثابتة constant thickness للسُطيح في المنطقة المركزية من المركّز الذي يشتمل على عدسات فريسنل Fresnel lens concentrator (1) عن 1 ملم.
- وبأنه في المنطقة المركزية المذكورة يزداد ارتفاع السُطيح تدريجياً إلى أن يصل ارتفاع اقصى يبلغ 0.14 ملم، ويتم الحفاظ على الارتفاع الأقصى المذكور البالغ 0.4 ملم ثابتاً وحتى سُطيح الحافة الخارجية للمركّز الذي يشتمل على عدسات فريسنل (1).

18- النظام الشمسي الفلطائي الضوئي المركّز concentrated photovoltaic solar system وفقاً لعنصر الحماية السابق، يتميز بأنه يشتمل على

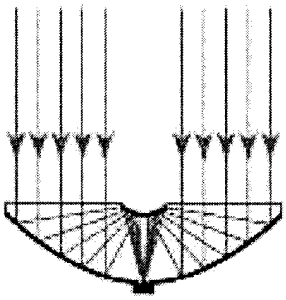
- تركيز هندسي geometrical concentration بمقدار X700،
- مركّز يشتمل على عدسات فريسنل Fresnel lens concentrator (1) له نسبة لـ

F# = 1.2، و

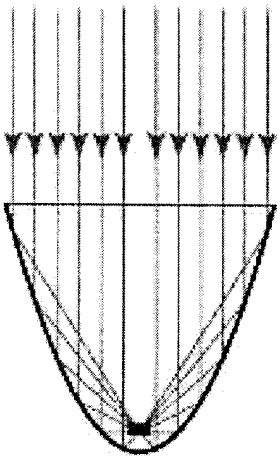
- عنصر بصري ثانوي secondary optical element (2) ذو زاوية قبول acceptance angle تبلغ 1.91°.



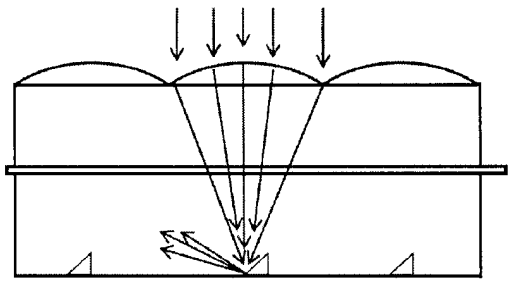
الشكل ١



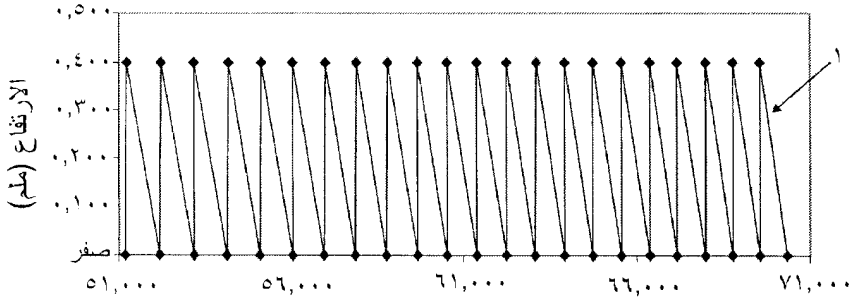
الشكل ٢



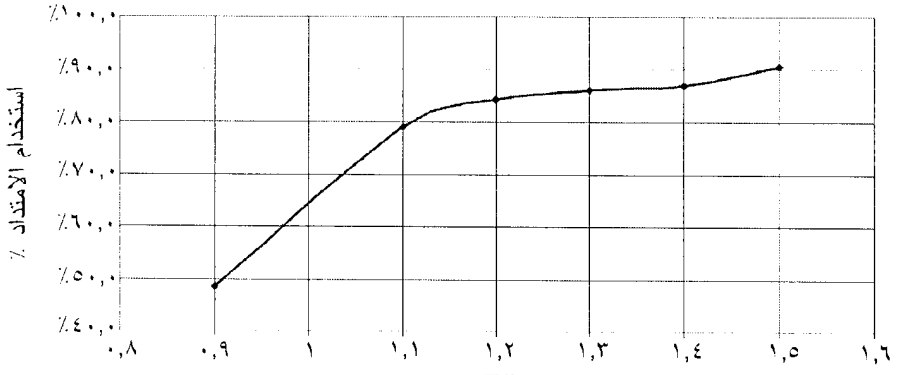
الشكل ٣



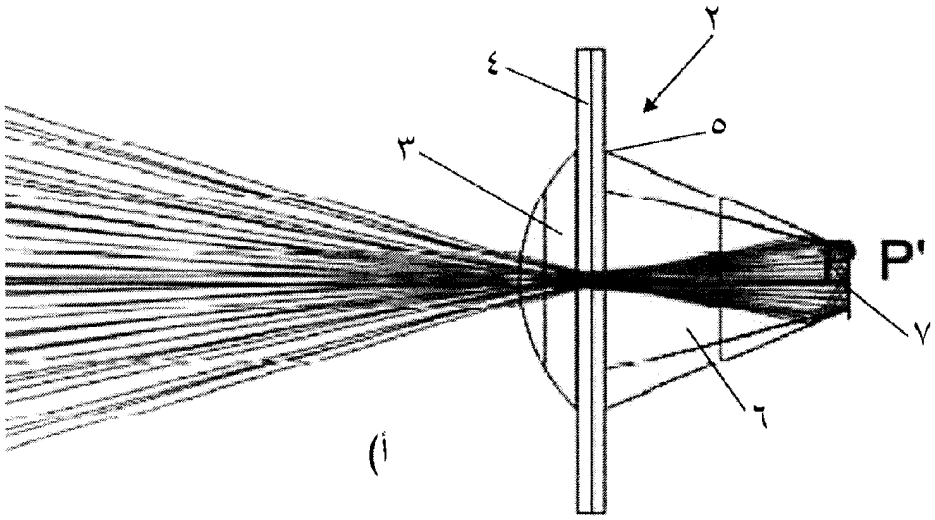
الشكل ٤



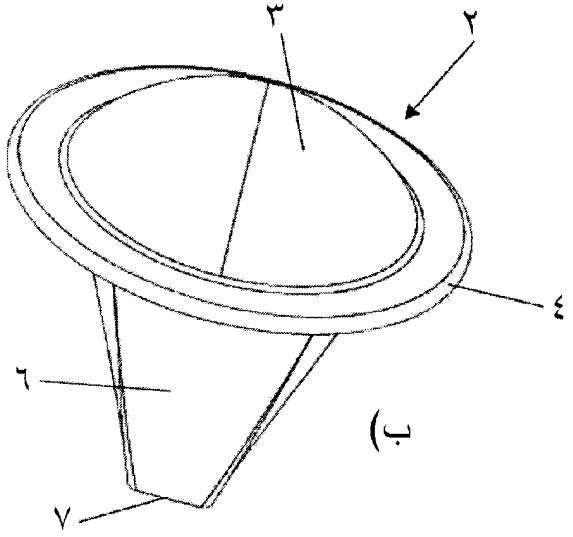

الشكل ٥




الشكل ٦

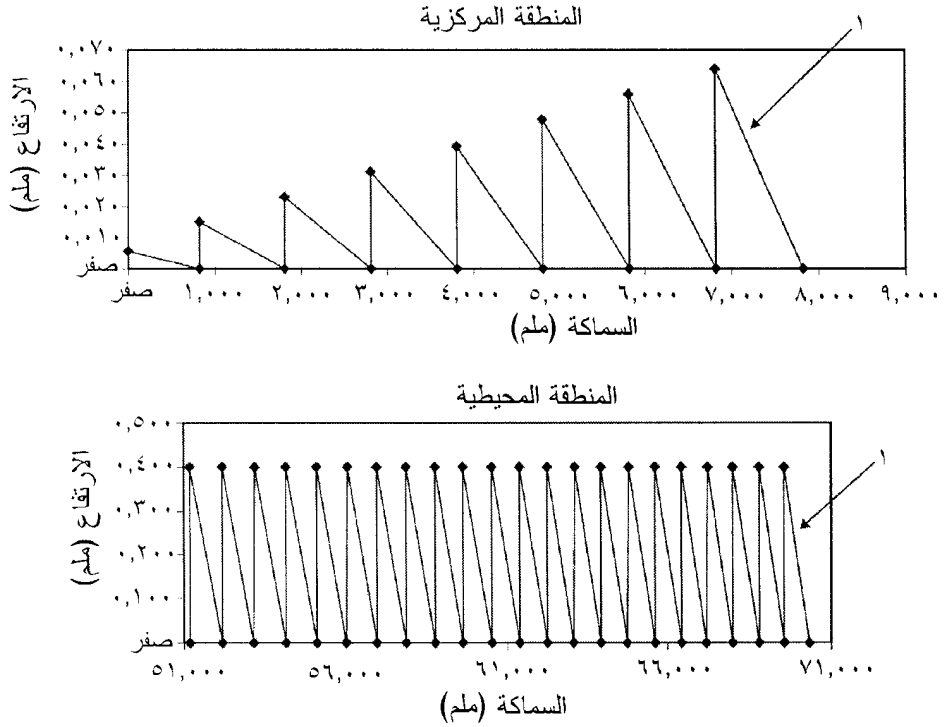



أ)

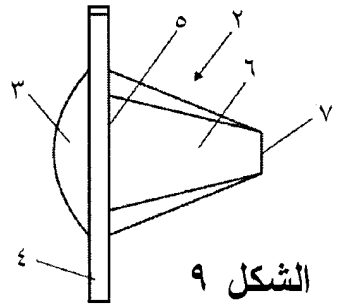



ب)

الشكل ٧




**الشكل ٨**




**الشكل ٩**