



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2014123409/03, 09.06.2014

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
09.06.2014

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 09.06.2014

(45) Опубликовано: 20.07.2015 Бюл. № 20

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: RU 2194827 C2, 20.12.2002. RU 2301379
C2, 20.06.2007. US 20110252723 A1, 20.10.2011.
US 20080308093 A1, 18.12.2008 A1

Адрес для переписки:

109456, Москва, 1 Вешняковский пр-д, 2, ФГБНУ
ВИЭСХ, патентный отдел, Голубевой О.В.

(72) Автор(ы):

Стребков Дмитрий Семенович (RU),
Кирсанов Анатолий Иванович (RU),
Иродионов Анатолий Евгеньевич (RU),
Панченко Владимир Анатольевич (RU),
Майоров Владимир Александрович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Стребков Дмитрий Семенович (RU),
Кирсанов Анатолий Иванович (RU),
Федеральное государственное бюджетное
научное учреждение "Всероссийский научно-
исследовательский институт электрификации
сельского хозяйства" (ФГБНУ ВИЭСХ) (RU)**(54) КРОВЕЛЬНАЯ СОЛНЕЧНАЯ ПАНЕЛЬ**

(57) Реферат:

Изобретение относится к области строительства, в частности к кровельным солнечным панелям крыш зданий. Технический результат изобретения заключается в снижении расхода материала панели. В кровельной солнечной панели, содержащей корпус с внутренней полостью с защитным покрытием на рабочей поверхности, на которую падает солнечное излучение с углом входа лучей β_0 , и приемники из скоммутированных солнечных элементов, под защитным покрытием установлен составной концентратор, выполненный в виде прозрачной для излучения отклоняющей оптической системы из множества призм с острым углом Ψ между поверхностью входа и выхода

лучей и нескольких полупараболоцилиндрических зеркальных отражателей с параметрическим углом δ , имеющих поверхности входа и выхода лучей. Фокальные области всех отражателей смещены к нижней или верхней стороне панели, а приемники излучения установлены параллельно фокальной оси и перпендикулярно плоскости панели между фокальной осью и зеркальным покрытием каждого отражателя. Приведено соотношение между углом входа лучей β_0 , острым углом Ψ , коэффициентом преломления n материала отклоняющей оптической системы и параметрическим углом δ полупараболоцилиндрического зеркального отражателя. 15 з.п. ф-лы, 7 ил., 1 табл.



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2014123409/03, 09.06.2014

(24) Effective date for property rights:
09.06.2014

Priority:

(22) Date of filing: 09.06.2014

(45) Date of publication: 20.07.2015 Bull. № 20

Mail address:

109456, Moskva, 1 Veshnjakovskij pr-d, 2, FGBNU
VIEhSKh , patentnyj otdel, Golubevoj O.V.

(72) Inventor(s):

Strebkov Dmitrij Semenovich (RU),
Kirsanov Anatolij Ivanovich (RU),
Irodionov Anatolij Evgen'evich (RU),
Panchenko Vladimir Anatol'evich (RU),
Majorov Vladimir Aleksandrovich (RU)

(73) Proprietor(s):

Strebkov Dmitrij Semenovich (RU),
Kirsanov Anatolij Ivanovich (RU),
Federal'noe gosudarstvennoe bjudzhetnoe
nauchnoe uchrezhdenie "Vserossijskij nauchno-
issledovatel'skij institut ehlektifikatsii sel'skogo
khozjajstva" (FGBNU VIEhSKh) (RU)(54) **ROOFING SOLAR PANEL**

(57) Abstract:

FIELD: construction.

SUBSTANCE: in a roofing solar panel containing a housing with an inner cavity with a protective covering on the working surface, whereupon solar radiation strikes with a beam inlet angle of β_0 , and receivers consisting of switched solar cells, a compound concentrator is installed under the protective covering and made in the form of a diverting optic system transparent for radiation and consisting of a variety of prisms with acute angle Ψ between the beam inlet and outlet surface and several semi-parabolic cylinder mirror reflectors with parametric angle δ , which have beam

inlet and outlet surfaces. Focal regions of all the reflectors are offset towards lower or upper side of the panel, and radiation receivers are installed parallel to the focal axis and perpendicular to the panel plane between the focal axis and the mirror coating of each reflector. Relation between beam inlet angle β_0 , acute angle Ψ , material refraction coefficient n of the diverting optic system and parametric angle δ of the semi-parabolic cylinder mirror reflector is given.

EFFECT: reduction of panel material consumption.
16 cl, 7 dwg, 1 tbl

Изобретение относится к устройству кровельных панелей для крыш зданий и сооружений со встроенными солнечными модулями.

Известна кровельная панель с солнечной батареей, включающая несущее основание в виде криволинейной поверхности с размещенной на нем солнечной батареей на базе полупроводниковых фотоэлектрических преобразователей с электрокабелем токосъема. Солнечная батарея размещена на утопленной относительно верхней поверхности основания на глубину до 20 мм плоской площадке и защита до верхней поверхности основания герметизирующей отверждающей композицией с уровнем пропускания светового излучения не менее 30% в диапазоне работы солнечной батареи (Пат. РФ №2194827, опубл. 20.12.2002).

Недостатком известной кровельной панели является большой расход полупроводникового материала для фотопреобразователей и низкая мощность солнечной батареи из-за оптических потерь в герметизирующей композиции.

Известна кровельная солнечная панель фирмы "HEDA Solar" (КНР), содержащая встроенные солнечные модули из четырех или восьми скоммутированных кремниевых солнечных элементов размером 156×156 мм или 125×125 мм. Кровельная солнечная панель имеет защитное покрытие из закаленного стекла и электрическую мощность 8-20 Вт, рабочее напряжение 1-2 В в зависимости от количества скоммутированных солнечных элементов (Проспект фирмы "HEDA Solar" www.hedasolar.com).

Недостатком известной кровельной солнечной панели является большой расход солнечного кремния для солнечных элементов и высокая стоимость.

Известен солнечный модуль с концентратором солнечной энергии, установленный на крыше и фасаде здания, содержащий плоское защитное ограждение и установленный на защитном прозрачном ограждении в фокусе линейно-фокусирующего цилиндрического концентратора приемник излучения в виде полосы, концентратор выполнен в виде несимметричного отражателя, состоящего из двух разновеликих частей, разделенных плоскостью симметрии, проходящей через вершину и фокальную ось отражателя, причем большая часть отражателя выполнена в виде половины параболоцилиндрического (в дальнейшем - полупараболоцилиндрического) отражателя, а меньшая часть - в виде кругового цилиндрического отражателя с радиусом, равным расстоянию от фокальной оси до вершины полупараболоцилиндрического отражателя, фокальная ось смещена к одной из сторон защитного ограждения, параллельно его основанию, и совпадает с краем полосы приемника излучения.

Недостатком известного солнечного модуля является необходимость установки на крыше под солнечным модулем кровельного покрытия для защиты зданий и сооружений от внешних воздействий, что увеличивает стоимость зданий и сооружений.

Другим недостатком известного модуля являются большие косинусные потери излучения, равные $1 - \cos(90^\circ - 2\delta)$, где δ - параметрический угол концентратора, связанные с отклонением плоскости симметрии полупараболоцилиндрического отражателя от нормали к рабочей поверхности модуля, и оптические потери на пропускание в горизонтальных жалюзи с факетами. Например, при апертурном угле $\varphi = 24^\circ$ косинусные потери солнечного излучения составляют $1 - \cos 42^\circ = 0,257$, т.е. 25,7%.

Задачей изобретения является создание кровельной солнечной панели с высоким оптическим КПД и низким расходом полупроводникового материала и низкой стоимостью.

Технический результат заключается в повышении эффективности использования солнечной энергии в кровельной солнечной панели и в снижении стоимости получения электрической энергии и теплоты.

Указанный технический результат достигается тем, что в кровельной солнечной панели, установленной на наклонной крыше здания или сооружения, нормаль к поверхности крыши находится в меридиональной плоскости, содержащей корпус с внутренней полостью с защитным покрытием на рабочей поверхности, на которую падает солнечное излучение с углом входа лучей β_0 , и приемники из скоммутированных солнечных элементов, в полости корпуса 1 под защитным покрытием установлен составной концентратор, выполненный в виде прозрачной для излучения отклоняющей оптической системы из множества призм с острым углом Ψ между поверхностью входа и выхода лучей и нескольких полупараболоцилиндрических зеркальных отражателей с параметрическим углом δ , имеющих поверхности входа и выхода лучей, фокальные области всех полупараболоцилиндрических зеркальных отражателей смещены к нижней или верхней стороне кровельной солнечной панели, а приемники излучения из скоммутированных солнечных элементов установлены параллельно фокальной оси и перпендикулярно плоскости кровельной солнечной панели между фокальной осью и зеркальным покрытием каждого полупараболоцилиндрического зеркального отражателя, плоскости поверхности входа лучей отклоняющей оптической системы и плоскости поверхности входа лучей полупараболоцилиндрического зеркального отражателя параллельны плоскости защитного покрытия, а угол входа лучей β_0 , острый угол Ψ и коэффициент преломления n материала отклоняющей оптической системы связаны с параметрическим углом δ полупараболоцилиндрического зеркального отражателя следующим соотношением:

$$\beta_0 = \arcsin \left\{ \left\{ \left\{ \sin \left\{ \arcsin \left\{ \sin \left[90^\circ - 2\delta + \psi \right] \frac{1}{n} \right\} - \psi \right\} n \right\} \right\} \right\}.$$

В варианте кровельной солнечной панели корпус кровельной солнечной панели выполнен из ударопрочной пластмассы.

В другом варианте кровельной солнечной панели корпус кровельной солнечной панели выполнен из керамики.

Еще в одном варианте кровельной солнечной панели корпус кровельной солнечной панели выполнен из смеси песка и пластмассы.

В варианте кровельной солнечной панели внутренние полости корпуса отформованы для размещения защитного покрытия полупараболоцилиндрических зеркальных отражателей, отклоняющей оптической системы и приемников из скоммутированных солнечных элементов.

В варианте кровельной солнечной панели защитное покрытие выполнено в виде оптической отклоняющей системы.

В варианте кровельной солнечной панели полупараболоцилиндрические зеркальные отражатели выполнены из плоских стеклянных зеркальных фацет, плоскости которых параллельны фокальной оси, а ширина стеклянных зеркальных фацет в меридиональной плоскости соизмерима или превышает ширину приемника из скоммутированных солнечных элементов.

В другом варианте кровельной солнечной панели полупараболоцилиндрические зеркальные отражатели выполнены из полированного листового алюминиевого сплава.

В варианте кровельной солнечной панели полупараболоцилиндрические зеркальные отражатели из полированного листового алюминиевого сплава имеют плоские отформованные участки, параллельные фокальной оси, а ширина этих участков в меридиональной плоскости соизмерима или превышает ширину приемника из

скоммутированных солнечных элементов.

В варианте кровельной солнечной панели боковые стенки внутренних формообразующих полостей корпуса для размещения полупараболоцилиндрических зеркальных отражателей расположены в меридиональной плоскости и снабжены зеркальным отражающим покрытием.

В варианте кровельной солнечной панели в корпусе перпендикулярно плоскости защитного покрытия выполнены щели, проходящие через фокальные оси полупараболоцилиндрических зеркальных отражателей, в указанные щели на герметике установлены дополнительные защитные покрытия из стекла или прозрачного пластика, между дополнительными защитными покрытиями и корпусом установлены приемники из скоммутированных солнечных элементов.

В варианте кровельной солнечной панели каждое пространство между дополнительными защитными покрытиями и корпусом, в которых размещены приемники из скоммутированных солнечных элементов, заполнено прозрачным силиконовым гелем.

В варианте кровельной солнечной панели внутри корпуса выполнены панели для кабельного соединения приемников из скоммутированных солнечных элементов к коммутационной коробке, которая установлена в полости корпуса между полупараболоцилиндрическими зеркальными отражателями с обратной стороны кровельной солнечной панели и снабжена токопроводящим кабелем для коммутации с другими кровельными солнечными панелями.

В варианте кровельной солнечной панели на обратной стороне снаружи корпуса выполнены каналы для прокладки токопроводящего кабеля к расположенным рядом кровельным солнечным панелям.

В варианте кровельной солнечной панели приемники из скоммутированных солнечных элементов и фокальные оси полупараболоцилиндрических зеркальных отражателей смещены к верхней части корпуса, а угол наклона кровельной солнечной панели к горизонтальной поверхности при установке на крыше составляет $\varphi - 23,5^\circ - \beta_0$, где φ - ширина местности.

В варианте кровельной солнечной панели приемники из скоммутированных солнечных элементов и фокальные оси полупараболоцилиндрических зеркальных отражателей смещены к нижней части корпуса, а угол наклона кровельной солнечной панели к горизонтальной поверхности при установке на крыше составляет $\varphi + 23,5^\circ + \beta_0$, где φ - ширина местности.

Сущность изобретения поясняется на фиг. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, где на фиг. 1 - общий вид с наружной и с обратной стороны кровельной солнечной панели, у которой приемники из скоммутированных солнечных элементов и фокальные оси полупараболоцилиндрических зеркальных отражателей смещены к верхней части корпуса. На фиг. 2 - продольное сечение кровельной солнечной панели. На фиг. 3 - поперечное сечение кровельной солнечной панели в меридиональной плоскости. На фиг. 4 - общий вид оптической отклоняющей системы составного концентратора на основе множества призм. На фиг. 5 - ход лучей в составном концентраторе кровельной солнечной панели. На фиг. 6 - установка кровельной солнечной панели на крыше здания с ориентацией панели на солнце 22 июня в день летнего солнцестояния. На фиг. 7 - установка кровельной солнечной панели на крыше здания с ориентацией панели на солнце 22 декабря.

На фиг. 1 показан общий вид кровельной солнечной панели с наружной (а) и обратной стороны (б). Кровельная солнечная панель имеет корпус 1, в котором сформированы

герметичные с обратной стороны полости для размещения защитного покрытия 2 составного концентратора, состоящего из оптической отклоняющей системы 3 и двух полупараболоцилиндрических зеркальных отражателей 4, 5, у которых фокальные оси 6 и 7 смещены к верхней части 8 корпуса 1 и приемников 9 и 10 из скоммутированных солнечных элементов 11. В полости корпуса 1 перед приемниками 9 и 10 выполнены пазы 12 и 13, в которых установлены защитные покрытия 14 и 15 из стекла или прозрачного пластика приемников 9 и 10. Плоскости защитного покрытия 14 и 15 приемников 9 и 10 перпендикулярны плоскости защитного покрытия 2 корпуса 1 кровельной солнечной панели. Пространство между защитным покрытием 14, 15 и частью 18, 19 корпуса 1, в котором установлены приемники 9 и 10, заполнено прозрачным силиконовым гелем 20. Боковые стенки 21 и 22 внутренних формообразующих полостей 23 корпуса 1 снабжены зеркальными покрытиями 24 и 25. Внутри корпуса 1 выполнены каналы 26 и 27 для соединения приемников 9, 10 кабелем 28 к коммутационной коробке 29. Коммутационная коробка 29 установлена с обратной стороны 30 корпуса 1 и имеет токопроводящий кабель 31 для коммутации с другими кровельными солнечными панелями. Снаружи корпуса 1 на обратной стороне 30 выполнены каналы 32 для прокладки кабеля 31. Плоскость поверхности входа лучей 33 оптической отклоняющей системы 3 и плоскость поверхности входа лучей 34 полупараболоцилиндрических зеркальных отражателей 4, 5 параллельны плоскости защитного покрытия 2.

На фиг. 4 оптическая отклоняющая система 3 выполнена из множества ориентированных в одном направлении призм 35 с острым углом Ψ между поверхностью 33 входа и поверхностью 36 выхода лучей.

На фиг. 5 показан ход лучей в составном концентраторе, состоящем из отклоняющей оптической системы 3 и полупараболоцилиндрического зеркального отражателя 4, где β_0 - угол входа лучей на поверхности входа 34 в оптическую отклоняющую систему 3, β_1 - угол преломления лучей в поверхности входа 3 внутри оптической отклоняющей системы 3, β_2 - угол между лучом и нормалью к поверхности выхода 36 лучей внутри оптической отклоняющей системы 3, β_3 - угол выхода лучей на поверхности выхода 36 снаружи отклоняющей оптической системы 3, β_4 - угол входа лучей у поверхности входа 34 полупараболоцилиндрического зеркального отражателя 4.

Углы β_0 , β_1 , β_2 , β_3 и β_4 являются углами между направлениями лучей и нормалью к соответствующей поверхности. Поскольку поверхности входа 33 и 34 лучей параллельны, угол β_0 , ответственный за косинусные потери, равен углу β_4 между направлением лучей входа в полупараболоцилиндрический зеркальный отражатель 4 и поверхностью входа 34 полупараболоцилиндрического зеркального отражателя 4.

40

45

$$\beta_4 = 90^\circ - 2\delta \quad (1)$$

$$\beta_3 = \beta_4 + \psi \quad (2)$$

$$\beta_2 = \arcsin \left[\left(\sin \beta_3 \right) \frac{1}{n} \right] \quad (3)$$

$$\beta_1 = \beta_2 - \psi \quad (4)$$

$$\beta_0 = \arcsin \left[\left(\sin \beta_1 \right) \cdot n \right] \quad (5)$$

$$\beta_0 = \arcsin \left\{ \left\{ \left\{ \sin \left\{ \arcsin \left\{ \sin \left[90^\circ - 2\delta + \psi \right] \frac{1}{n} \right\} - \psi \right\} \right\} n \right\} \right\} \quad (6)$$

Полупараболоцилиндрические зеркальные отражатели 4 и 5 на фиг. 5 выполнены из полированного алюминиевого сплава и имеют плоские отформованные участки *a*, параллельные фокальным осям 6 и 7. Ширина плоских участков *a* в меридиональной плоскости соизмерима с шириной *d* приемников 9 и 10 из скоммутированных солнечных элементов 11, что обеспечивает равномерное освещение приемников 9 и 10 и отсутствие перегрева локальных участков приемников 9 и 10.

На фиг. 6 кровельные солнечные панели установлены на южном скате 37 крыши 38 здания 39. Приемники 9 и 10 и фокальные оси 6 и 7 полупараболоцилиндрических зеркальных отражателей 4 и 5 смещены к верхней части 8 корпуса 1, а угол наклона кровельной солнечной панели к горизонтальной плоскости 40 при установке на крыше 38 составляет $\theta = \varphi - 23,5^\circ - \beta_0$, где φ - ширина местности. При этом нормаль 41 к поверхности защитного покрытия 2 в меридиональной плоскости направлена на положение Солнца 42 в полдень 22 июня в день летнего солнцестояния с отклонением от него вверх от горизонтальной плоскости 40 на угол входа лучей β_0 . При такой установке кровельная солнечная панель получает максимальное количество солнечной энергии в летние месяцы. С уменьшением высоты положения Солнца количество поступающей солнечной энергии будет уменьшаться пропорционально $\cos \beta_0$.

На фиг. 7 кровельные солнечные панели установлены на южном скате 37 крыши 38 здания 39 таким образом, чтобы использовать максимальное количество поступающей солнечной энергии в зимнее время. Приемники 9 и 10, фокальные оси 6 и 7 полупараболоцилиндрических зеркальных отражателей 4 и 5 смещены к нижней части 43 корпуса 1, а угол наклона кровельной солнечной панели к горизонтальной плоскости 40 при установке на крыше 38 составляет $\theta = \varphi + 23,5^\circ + \beta_0$. При этом нормаль 41 к поверхности защитного покрытия 2 в меридиональной плоскости направлена на положение Солнца 44 в полдень 22 декабря с отклонением от него вниз к горизонтальной плоскости на угол входа лучей β_0 . Кровельная солнечная панель работает следующим образом (фиг. 5). Солнечное излучение через защитное покрытие 2 поступает под углом β_0 на поверхность входа лучей 33 отклоняющей оптической системы 3 из набора призм 35 с острым углом Ψ с коэффициентом преломления *n*, входит в призму 35 под углом β_1 , выходит из призмы 35 под углом β_3 и поступает на поверхность входа 34 полупараболоцилиндрического зеркального отражателя 4 под углом β_4 , отражается от полупараболоцилиндрического зеркального отражателя 4 и поступает на приемник 9 при условии $\beta_4 \geq 90^\circ - 2\delta$.

Косинусные потери за счет отклонения потока солнечного излучения от нормали к поверхности входа лучей 33 полупараболоцилиндрического зеркального отражателя

4:

$$P = 1 - \cos \beta_0 \quad (7)$$

Расчеты по формулам (1)-(7) для $\delta=26,1^\circ$ приведены в таблице 1.

5

Таблица 1

Ψ	0	8°	12°	16°	20°	24°	28°	32°
β_0	$37,8^\circ$	$31,7^\circ$	$28,44^\circ$	25°	$21,55^\circ$	$17,8^\circ$	$13,9^\circ$	$9,73^\circ$
P	0,21	0,15	0,12	0,094	0,07	0,048	0,029	0,014

10

Согласно таблице 1 предлагаемая конструкция солнечного модуля с концентратором позволяет уменьшить косинусные потери по сравнению с прототипом с 21% ($\Psi=0$) до 17,8% при $\Psi=24^\circ$. Эффективный апертурный угол солнечного модуля с концентратором

увеличивается с δ до величины $\frac{90^\circ - \beta_0}{2}$. Для $\Psi=24^\circ$ $\beta_0=17,8^\circ$ эффективный апертурный

15

угол солнечного модуля с концентратором увеличивается с $\delta=26,1$ до $\frac{90^\circ - 1\beta_0}{2} = 36^\circ$

, что при изменении солнечного склонения на $7,83^\circ$ в месяц соответствует увеличению

20

продолжительности работы в стационарном режиме на $\frac{26,1^\circ}{7,83^\circ} \cdot 2 = 6,7$ месяца до

$$\frac{36^\circ}{7,83^\circ} \cdot 2 = 9,2 \text{ месяца.}$$

25

Коэффициент концентрации солнечного излучения в кровельной солнечной панели с учетом косинусных потерь равен:

$$\kappa = \frac{2 \cos \beta_0}{1 - \cos(2\delta)}$$

30

Кровельная солнечная панель работает в стационарном режиме без слежения за Солнцем и собирает на приемнике 13, 14 (фиг. 5) прямую и диффузную солнечную радиацию в пределах апертурного угла δ .

Пример выполнения кровельной солнечной панели.

Отклоняющая оптическая система 3 состоит из набора призм 35 с острым углом $\Psi=24^\circ$. Угол входа лучей $\beta_0=17,8^\circ$, угол $\beta_4=37,8^\circ$, апертурный угол δ

35

полупараболоцилиндрического зеркального отражателя 4 из полированного алюминия $\delta=26,1^\circ$. Приемники 9, 10 имеют размеры 42×312 мм, состоят из двух кремниевых солнечных элементов 11 размером 42×156 мм, соединенных параллельно. Между собой приемники 9 и 10 соединены последовательно. Геометрический коэффициент

40

концентрации $\kappa=4,92$, косинусные потери 4,8%, оптический КПД 80%, КПД приемника 9 и 10 15%. Активная площадь кровельной солнечной панели для использования солнечной энергии равна $0,1 \text{ м}^2$. Общий КПД с учетом солнечных потерь 10%. Пиковая электрическая мощность 10 Вт при освещенности 1 кВт м^2 и температуре 25° . Приемники 9 и 10 могут быть выполнены с устройствами отвода тепла для получения электроэнергии и горячей воды или горячего воздуха.

45

При стоимости полупараболоцилиндрических зеркальных отражателей 4, 5 30 долл./ м^2 , концентрации 4,92, оптическом КПД 0,8 и электрическом КПД 15% себестоимость кровельной солнечной панели составит 12 долл., или 1 долл./Вт, при

существующей стоимости 3 долл./Вт, т.е. снизится в 2,5 раза, при этом стоимости составного концентратора и приемника 9 и 10 будут примерно равны и составлять по 50% от стоимости кровельной солнечной панели.

По сравнению с прототипом солнечный модуль с концентратором имеет небольшие косинусные потери, большой срок службы и низкую стоимость.

Формула изобретения

1. Кровельная солнечная панель, установленная на наклонной крыше здания или сооружения, нормаль к поверхности крыши находится в меридиальной плоскости, содержащая корпус с внутренней полостью с защитным покрытием на рабочей поверхности, на которую падает солнечное излучение с углом входа лучей β_0 , и приемники из скоммутированных солнечных элементов, отличающаяся тем, что в полости корпуса 1 под защитным покрытием установлен составной концентратор, выполненный в виде прозрачной для излучения отклоняющей оптической системы из множества призм с острым углом Ψ между поверхностью входа и выхода лучей и нескольких полупараболоцилиндрических зеркальных отражателей с параметрическим углом δ , имеющих поверхности входа и выхода лучей, фокальные области всех полупараболоцилиндрических зеркальных отражателей смещены к нижней или верхней стороне кровельной солнечной панели, а приемники излучения из скоммутированных солнечных элементов установлены параллельно фокальной оси и перпендикулярно плоскости кровельной солнечной панели между фокальной осью и зеркальным покрытием каждого полупараболоцилиндрического зеркального отражателя, плоскости поверхности входа лучей отклоняющей оптической системы и плоскости поверхности входа лучей полупараболоцилиндрического зеркального отражателя параллельны плоскости защитного покрытия, а угол входа лучей β_0 , острый угол Ψ и коэффициент преломления n материала отклоняющей оптической системы связаны с параметрическим углом δ полупараболоцилиндрического зеркального отражателя следующим соотношением:

$$\beta_0 = \arcsin \left\{ \left\{ \left\{ \sin \left\{ \arcsin \left\{ \sin \left[90^\circ - 2\delta + \psi \right] \frac{1}{n} \right\} - \psi \right\} n \right\} \right\} \right\}.$$

2. Кровельная солнечная панель по п. 1, отличающаяся тем, что корпус кровельной солнечной панели выполнен из ударопрочной пластмассы.

3. Кровельная солнечная панель по п. 1, отличающаяся тем, что корпус кровельной солнечной панели выполнен из керамики.

4. Кровельная солнечная панель по п. 1, отличающаяся тем, что корпус кровельной солнечной панели выполнен из смеси песка и пластмассы.

5. Кровельная солнечная панель по п. 1, отличающаяся тем, что внутренние полости корпуса отформованы для размещения защитного покрытия полупараболоцилиндрических зеркальных отражателей, отклоняющей оптической системы и приемников из скоммутированных солнечных элементов.

6. Кровельная солнечная панель по п. 1, отличающаяся тем, что защитное покрытие выполнено в виде оптической отклоняющей системы.

7. Кровельная солнечная панель по п. 1, отличающаяся тем, что полупараболоцилиндрические зеркальные отражатели выполнены из плоских стеклянных зеркальных фацет, плоскости которых параллельны фокальной оси, а ширина стеклянных зеркальных фацет в меридиональной плоскости соизмерима или

превышает ширину приемника из скоμμутированных солнечных элементов.

8. Кровельная солнечная панель по п. 1, отличающаяся тем, что полупараболоцилиндрические зеркальные отражатели выполнены из полированного листового алюминиевого сплава.

5 9. Кровельная солнечная панель по п. 1 и 8, отличающаяся тем, что полупараболоцилиндрические зеркальные отражатели из полированного листового алюминиевого сплава имеют плоские отформованные участки, параллельные фокальной оси, а ширина этих участков в меридиональной плоскости соизмерима или превышает ширину приемника из скоμμутированных солнечных элементов.

10 10. Кровельная солнечная панель по п. 1, отличающаяся тем, что боковые стенки внутренних формообразующих полостей корпуса для размещения полупараболоцилиндрических зеркальных отражателей расположены в меридиональной плоскости и снабжены зеркальным отражающим покрытием.

15 11. Кровельная солнечная панель по п. 1, отличающаяся тем, что в корпусе перпендикулярно плоскости защитного покрытия выполнены щели, проходящие через фокальные оси полупараболоцилиндрических зеркальных отражателей, в указанные щели на герметике установлены дополнительные защитные покрытия из стекла или прозрачного пластика, между дополнительными защитными покрытиями и корпусом установлены приемники из скоμμутированных солнечных элементов.

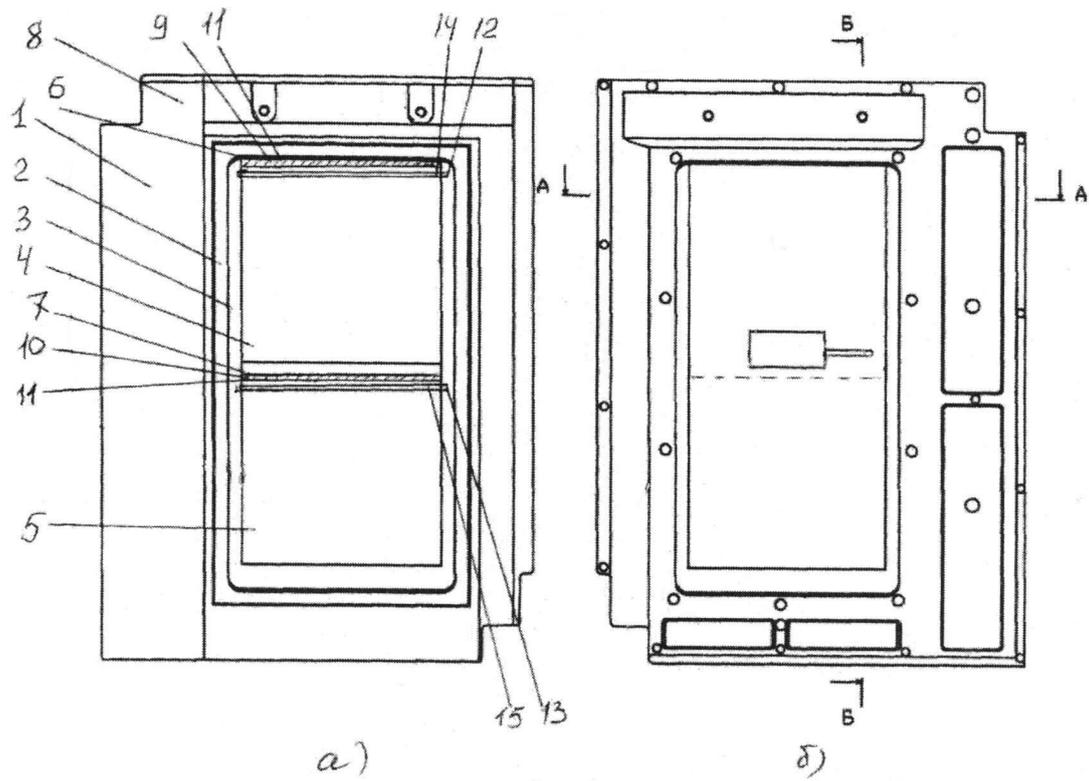
20 12. Кровельная солнечная панель по п. 11, отличающаяся тем, что каждое пространство между дополнительными защитными покрытиями и корпусом, в которых размещены приемники из скоμμутированных солнечных элементов, заполнено прозрачным силиконовым гелем.

25 13. Кровельная солнечная панель по п. 1, отличающаяся тем, что внутри корпуса выполнены панели для кабельного соединения приемников из скоμμутированных солнечных элементов к коммутационной коробке, которая установлена в полости корпуса между полупараболоцилиндрическими зеркальными отражателями с обратной стороны кровельной солнечной панели и снабжена токопроводящим кабелем для коммутации с другими кровельными солнечными панелями.

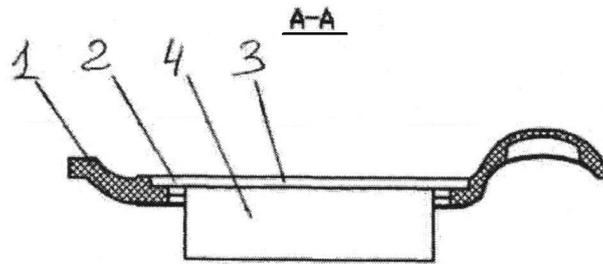
30 14. Кровельная солнечная панель по п. 1, отличающаяся тем, что на обратной стороне снаружи корпуса выполнены каналы для прокладки токопроводящего кабеля к расположенным рядом кровельным солнечным панелям.

35 15. Кровельная солнечная панель по п. 1, отличающаяся тем, что приемники из скоμμутированных солнечных элементов и фокальные оси полупараболоцилиндрических зеркальных отражателей смещены к верхней части корпуса, а угол наклона кровельной солнечной панели к горизонтальной поверхности при установке на крыше составляет $\varphi - 23,5^\circ - \beta_0$, где φ - ширина местности.

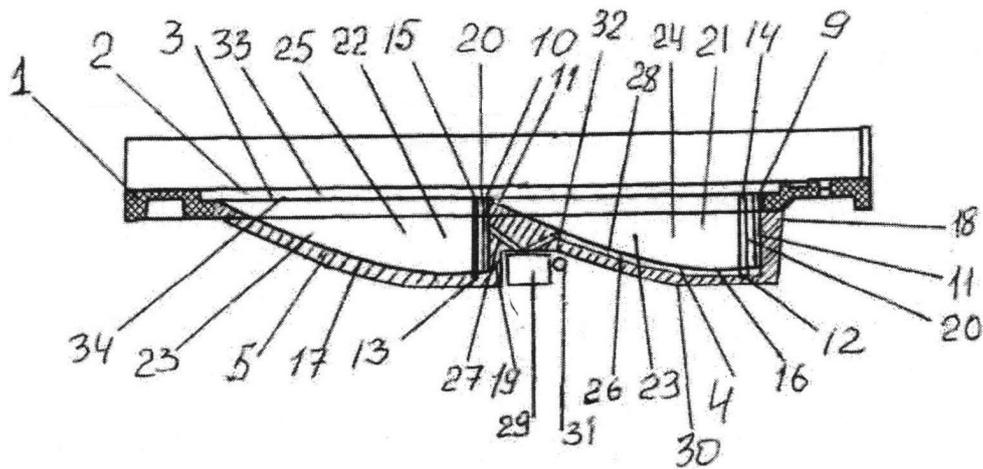
40 16. Кровельная солнечная панель по п. 1, отличающаяся тем, что приемники из скоμμутированных солнечных элементов и фокальные оси полупараболоцилиндрических зеркальных отражателей смещены к нижней части корпуса, а угол наклона кровельной солнечной панели к горизонтальной поверхности при установке на крыше составляет $\varphi + 23,5^\circ + \beta_0$, где φ - ширина местности.



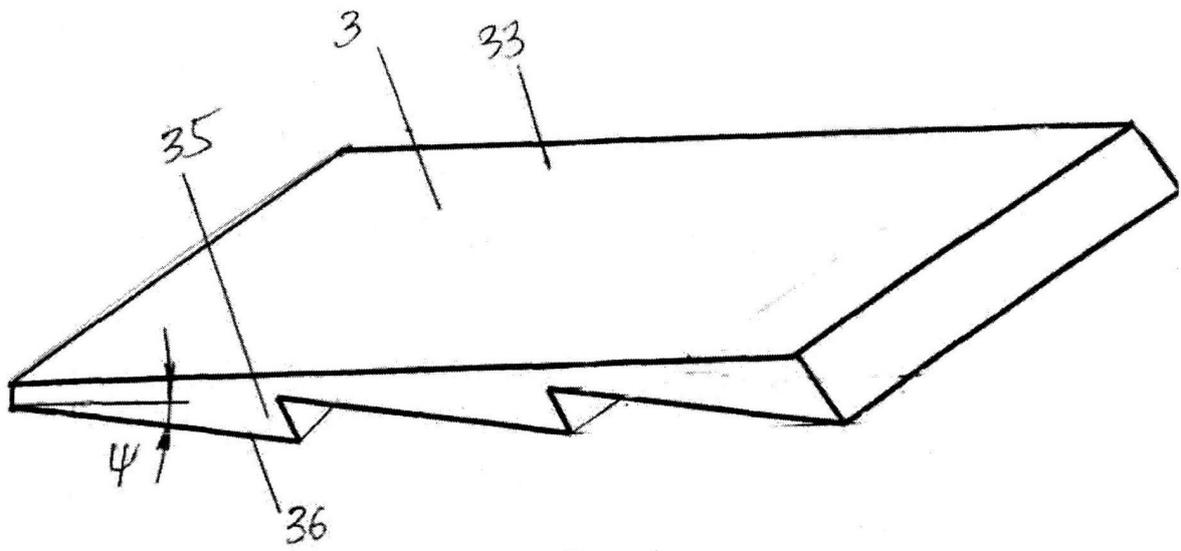
Фиг. 1



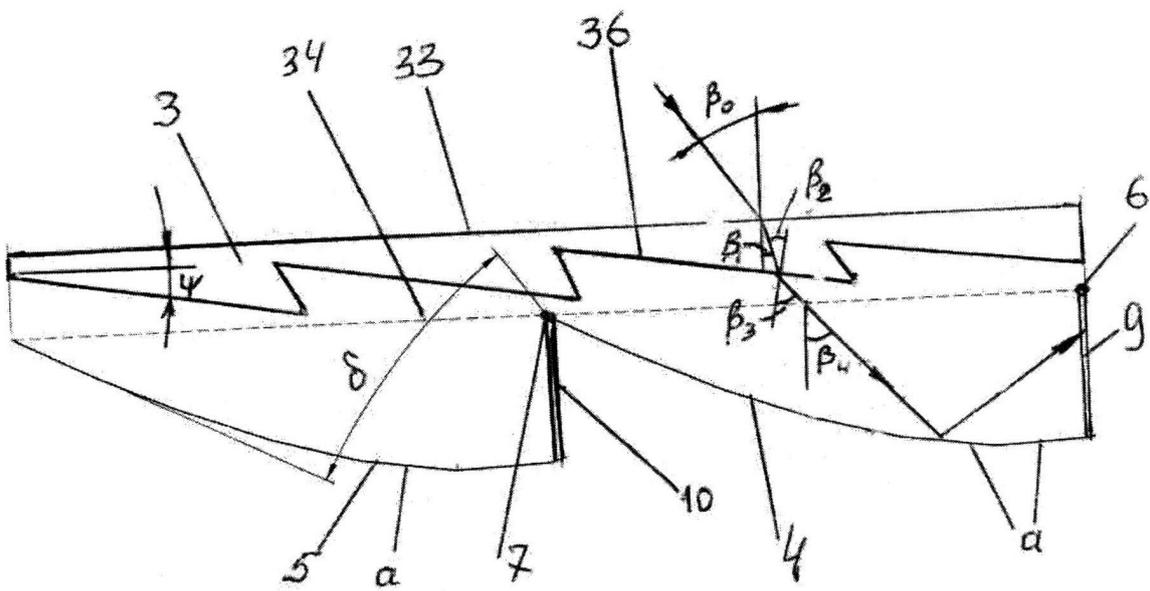
Фиг. 2



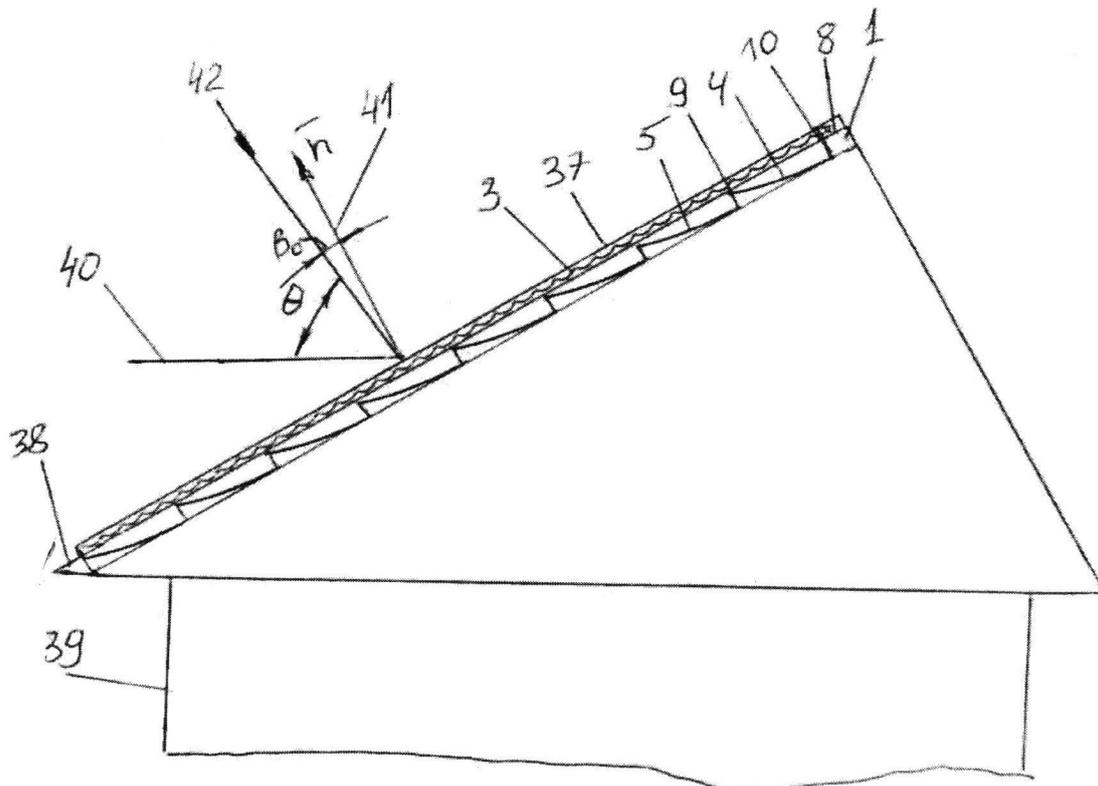
Фиг. 3



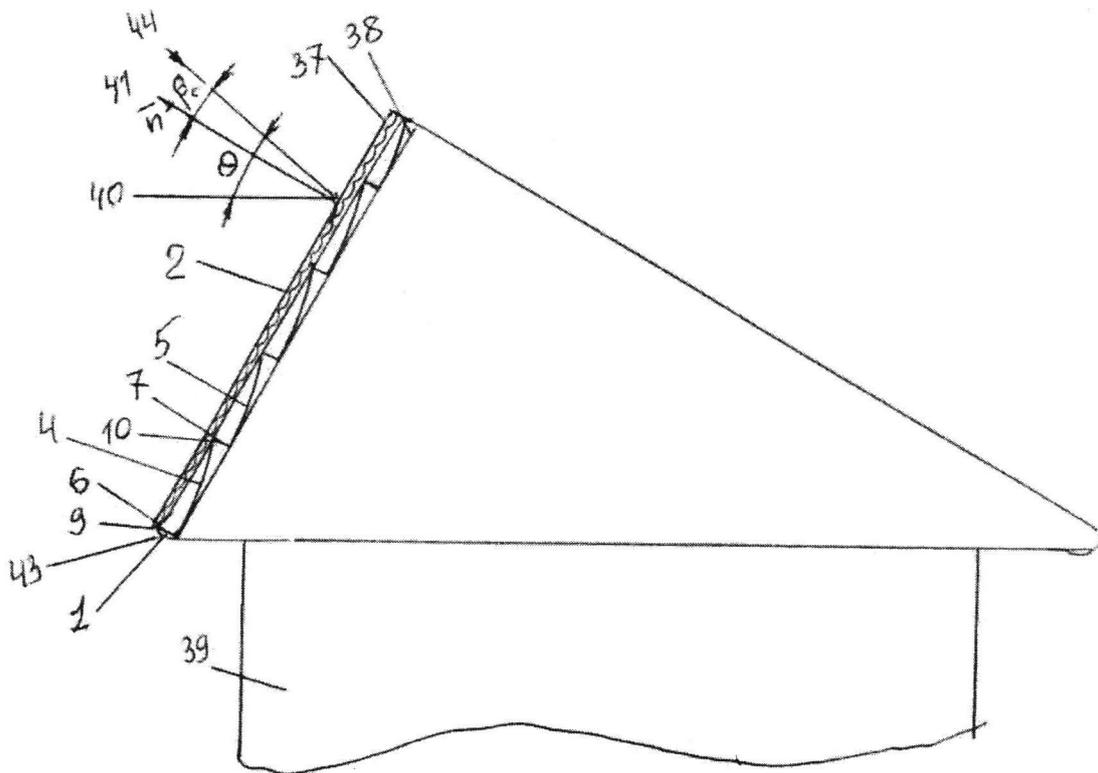
Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7