



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **111900** (13) **C2**
(51) МПК**F24J 2/10** (2006.01)**F24J 2/18** (2006.01)**F24J 2/42** (2006.01)**F24J 2/46** (2006.01)ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД****(21)** Номер заявки: **а 2014 13257****(22)** Дата подання заявки: **10.12.2014****(24)** Дата, з якої є чинними
права на винахід: **24.06.2016****(41)** Публікація відомостей
про заяву: **10.06.2016, Бюл.№ 11****(46)** Публікація відомостей
про видачу патенту: **24.06.2016, Бюл.№ 12****(72)** Винахідник(и):**Дзензерський Віктор Олександрович**
(UA),**Тарасов Сергій Васильович (UA),****Фінагіна Ірина Ігорівна (UA),****Буряк Олександр Афанасійович (UA)****(73)** Власник(и):**ІНСТИТУТ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ І**
ТЕХНОЛОГІЙ НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ
НАУК УКРАЇНИ "ТРАНСМАГ",вул. Писаржевського, 5, м. Дніпропетровськ,
49005 (UA)**(56)** Перелік документів, взятих до уваги
експертизою:

RU 2509268 C2, 10.03.2014

RU 2525055 C2, 10.08.2014

RU 2270964 C1, 27.02.2006

RU 2446363 C2, 27.03.2012

RU 2135909 C1, 27.08.1999

EP 0138084 B1, 13.06.1990

EP 0043082 A2, 06.01.1982

(54) КОМПЛЕКСНА СОНЯЧНА ЕНЕРГОБАТАРЕЯ**(57)** Реферат:

Комплексна сонячна енергобатарея зібрана з окремих сонячних елементів в об'ємну конструкцію і оснащена концентраторами сонячної енергії, направляючими сонячні промені всередину кожної порожнини, а також охолоджуючим сонячні елементи вузлом. Як елементи для формування об'ємної конструкції застосовуються виконані зі скла трубчасті круглі або багатогранні порожнисті комірки циліндричної або призматичної форми, або у вигляді зрізаних багатограних пірамід з гострим кутом розкриття, зверненим у бік надходження сонячного випромінювання. На зовнішню поверхню комірок нанесене плівкове покриття з напівпровідникових матеріалів у вигляді дискретних поперечних незамкнених кілець або доріжок, відокремлених проміжками і розподілених ярусами по довжині трубки, а поверх кілець нанесена контактна сітка з матеріалу із високою електропровідністю. Вся електрична система покрита теплоізоляційним шаром. Як концентратор сонячної енергії використовують лінзи Френеля, які закривають вхідні торці кожної комірки, причому фокусна відстань лінзи дорівнює глибині каналу комірки, або ж перевищує її. Дно кожної комірки функціонально являє собою тепловий адсорбер, виконаний у вигляді пробки, що входить в канал комірки через втулку, яка обрамляє нижній торець комірки і виконана з теплоізоляційного матеріалу. Площина верхнього кінця пробки покрита шаром чорного селективного матеріалу. Нижній кінець пробки виступає за габарити втулки, що дозволяє з'єднувати через нього кожну комірку із спільним теплообмінником. Пробка виконана з феромагнітного матеріалу, намагніченого уздовж головної оптичної осі комірки і таким чином являє собою постійний магніт, який при зближенні

UA 111900 C2

притягується до опорної стінки теплообмінника, який виконаний у вигляді металевого резервуара, виготовленого з феромагнітного матеріалу. Кожна комірка при з'єднанні входить в тепловий контакт з опорною площиною стінки теплообмінника, що охолоджується циркулюючим рідким теплоносієм.

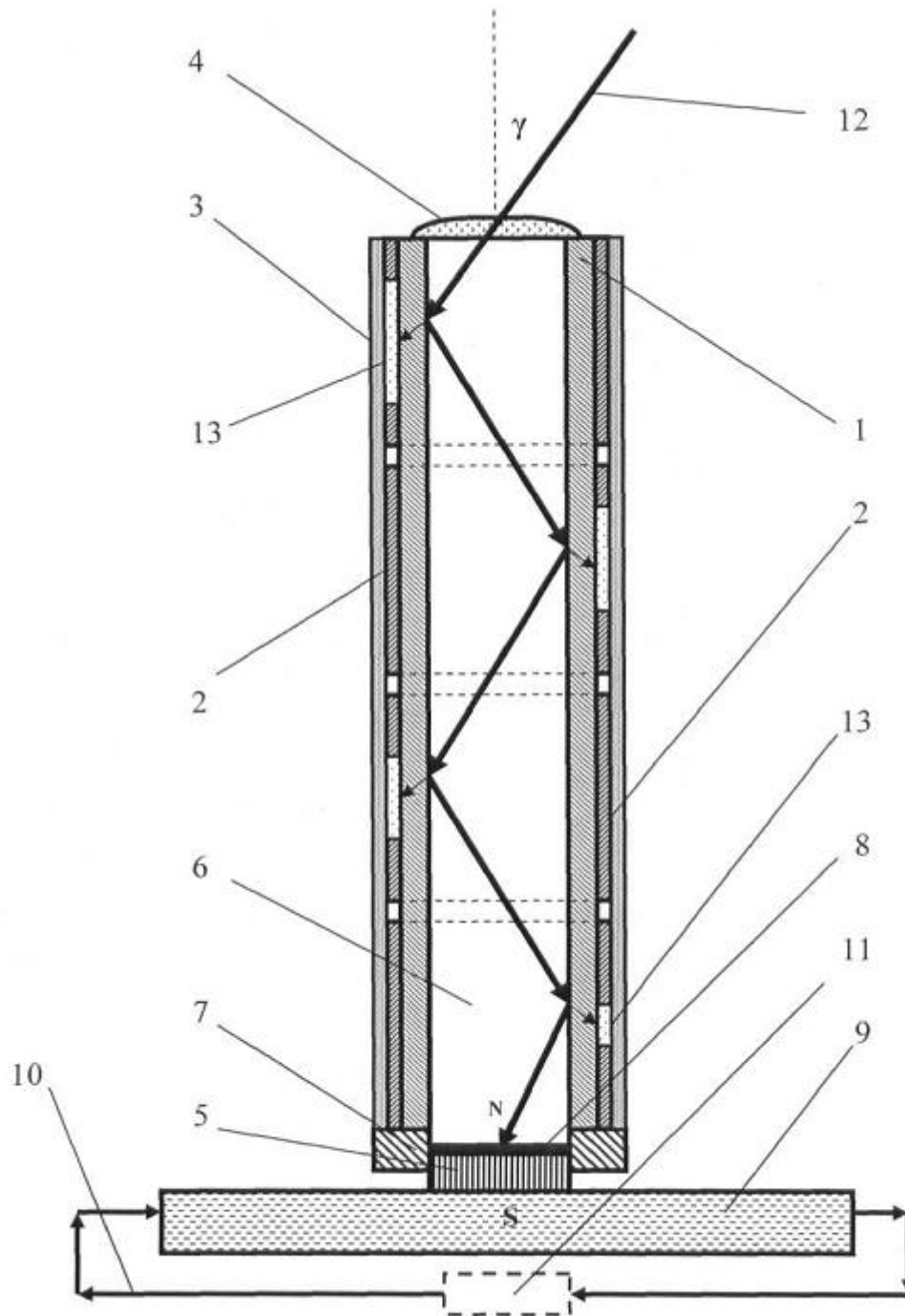


Fig. 1

Винахід належить до області створення енергоустановок, що працюють на природних відновлюваних джерелах енергії, точніше до сонячної енергетики, та призначений для перетворення сонячної енергії в теплову та електричну, і може знайти застосування як в електростанціях для всіх галузей промисловості, де потрібна теплова і електрична енергія, так і в енергетичних установках для індивідуального користування.

Існує давно визнана і все зростаюча необхідність в економічно ефективних енергоустановках, що працюють на відновлюваних видах природної енергії. Сонячні батареї належать саме до цього класу пристроїв. Такі перетворювачі енергії інтенсивно розвиваються останнім часом завдяки новій базі знань в області сучасної електроніки, в мікропроцесорній техніці і матеріалознавстві. Цей прогрес стимулюється збільшеними технічними вимогами до екологічних характеристик наукоємкої продукції, а також актуальними задачами енерго- та ресурсозберігання.

Сонячні панелі є напівпровідниковими пристроями, що служать для безпосереднього перетворення сонячної енергії в електричну. В переважній масі вони виготовляються у вигляді батарей, що складаються із скомутованих плоских панелей. Вони можуть використовуватися як економічні джерела енергії широкого вжитку.

Недоліком плоских фотоелектричних елементів, виготовлених з кремнію, арсеніду галію, та інших напівпровідникових матеріалів, що мають скляне покриття, є їх значна відбивна здатність, яка збільшується при зменшенні кута падіння світлового потоку. Відбита частина потоку не бере участь в перетворенні. У конкретних втіленнях батареї працюють найбільш ефективно, коли одержують оптимальну кількість сонячної енергії. Проте, орієнтація сонячної батареї щодо світлового потоку змінюється протягом дня, і не завжди дозволяє це зробити. Вказаний недолік можна усунути за допомогою трекерів - пристроїв, що проводять безперервну азимутальну та зенітальну корекцію положення батарей, з тим, щоб тримати оптимальний кут падіння світла на їх елементи погоджено з годинним положенням сонця. Проте, такі пристрої надмірно масивні. Коли сонячна батарея використовується в системі, де вага є важливим чинником, використання масивного механізму для регулювання положення батареї представляється неприйнятним. Крім того, ці пристрої мають достатньо високу складність, враховуючи застосування систем стеження за сонцем і управління приводами, а також високу вартість виготовлення приводів і додаткові витрати енергії, що виробляється сонячною установкою.

Існують інші способи збільшення освітленості панелей. Так, на них можна встановлювати концентратори або рефлектори, щоб посилити рівень засвічення і збільшити таким чином вироблення енергії. Проте, нерухомо закріплені концентратори під деякими кутами можуть частково затінювати панелі, а занадто концентрований потік енергії здатний надмірно розігрівати матеріал батареї.

Дані проблеми мають прецеденти часткового вирішення з використанням кондуктивних методів охолодження.

Так відома когенераційна фотоелектрична система за пат. 2509268 Російської Федерації, МПК F24J 2/42, 2/04, автори: Стребков Д.С., Харченко В.В., Тихонов П.В., Тихонов А.В., Нікітін Б.А., Сичев А.О.; Заявник і патентовласник: Державний науковий заклад Всеросійський науково-дослідний інститут електрифікації сільського господарства Російської академії сільськогосподарських наук. - Заявл. 28.04.2012; опубл. 10.03.2014. Вона містить щонайменше один сонячний тепловий колектор, трубопровід подачі рідини в сонячний тепловий колектор і трубопровід відведення рідини з сонячного теплового колектора в бак-акумулятор (термос). Трубопровід подачі рідини в сонячний тепловий колектор сполучений, щонайменше, з одним фотоелектричним тепловим модулем, розташованим рівнем нижче за сонячний тепловий колектор і сполученим послідовно з ним. Подача рідини у фотоелектричний тепловий модуль здійснюється через трубопровід з напірного бака, встановленого вище за рівень сонячного теплового колектора. Щонайменше, в один з трубопроводів вмонтований клапан. Є також термореле з індивідуальним для фотоелектричного теплового модуля або сонячного теплового колектора датчиком, причому управляючі контакти клапана підключені і комутуються за допомогою термореле. Сонячний тепловий колектор і фотоелектричний тепловий модуль виконані у вигляді приймачів сонячного випромінювання, що є резервуарами, які мають форму прямокутного паралелепіпеда. На робочій поверхні резервуара фотоелектричного теплового модуля розташована батарея сонячних елементів. Усередині резервуарів паралельно робочій поверхні із зазором щодо неї розташована перегородка, що не досягає верхньої і нижньої стінки резервуара. Використання винаходу дозволить виробляти електроенергію та теплову енергію, що у свою чергу дасть можливість забезпечити енергопостачання об'єктів сільськогосподарського та індивідуального призначення.

До недоліків описаної системи слід віднести наступне. Контур циркуляції води послідовно сполучає резервуари фотоелектричного модуля і сонячного теплового колектора, тому сонячні елементи фактично охолоджуються нагрітою водою, що знижує ефективність їх роботи. Вода в сонячному колекторі нагрівається прямим світловим потоком без концентраторів, внаслідок чого температура нагріву води в накопичувачі підвищується поволі, через що подача теплої води споживачем обмежена. Крім того, прямокутна форма нерухомих резервуарів сприймає різний об'єм енергії в різні часи дня.

Відомий також сонячний колектор за пат. 2525055 Російської Федерації, МПК F24J 2/10, 2/15. Автори: Райлян В.С., Пестов А.В., Кауппонен Б.А., Райлян Л.В., Ярчихина О.С.; Заявник і патентовласник: Відкрите акціонерне товариство "Обнінське науково-виробниче підприємство "Технологія". - заявл. 08.10.2012; опубл. 10.08.2014. Він містить теплоізолюований корпус, концентратори сонячного випромінювання, теплообмінник і теплоприймач, що складається з поглинаючої поверхні, яка виконана у вигляді перевернутих правильних зрізаних пірамід або конусів, виготовлених з матеріалу з високим коефіцієнтом переломлення з дзеркальними бічними поверхнями. Великі основи пірамід або конусів утворюють зовнішню поверхню, а менші направлені на теплообмінник через вікна в шарі теплового ізолятора між поглинаючою поверхнею і теплообмінником. Зовнішня поверхня теплообмінника виконана з матеріалу з високим ступенем чорноти.

До недоліків пристрою слід віднести те, що він не виробляє електроенергії, і тому частина сонячної енергії не використовується.

Відомий також геліоенергетичний модуль для перетворення електромагнітного випромінювання за пат. 2270964 Російської Федерації, МПК F24J 2/42, 2/14. Автори: Анісімова С.С., Мурашев В.М., Шадрін В.И.; Заявник і патентовласник: Державне унітарне підприємство "НВО Астрофізика". - опубл. 06.07.2004. Він включає порядно розташовані на опорній поверхні несучої конструкції сонячні панелі прямокутної форми з бічними відбивачами, змонтованими похило до fotocутливої поверхні панелей в міжрядних проміжках. Відбивачі виконані у вигляді напівпрозорих пластин з покриттям, селективним до діапазону довжин хвиль перетворюваного випромінювання. Крім того, він оснащений тепловими колекторами, розміщеними під відбивачами.

До недоліків описаного пристрою слід віднести те, що відбивачі займають значну частину площі модуля, а процес засвічення з боку відбивачів супроводжується помітними втратами енергії, які не компенсуються об'ємом енергії, що утилізується колекторами, які екрановані від сонця пластинами відбивачів.

Найближчим до винаходу технічним рішенням, яке прийняте за прототип, є спосіб і пристрій створення високоефективної сонячної батареї за пат. 2446363 Російської Федерації, МПК F24J 2/42, 2/18. Автори: Гамідов Г.С., Гамідов М.С., Гамідов И.М., Салманов Н.Р.; Заявник і патентовласник: Гамідов Магомедріза Саліховіч; - заявл. 19.10.2009; опубл. 27.03.2012. Згідно з винаходом об'ємна сонячна батарея займає таку ж площу поверхні, як і існуючі сонячні батареї, і зроблені з двосторонніх плоских сонячних елементів, які розташовуються у вигляді "бджолиних сот". В збірці вони утворюють об'ємну конструкцію з багатограних призм. В ролі концентраторів сонячної енергії використовується система плоских дзеркал. Дзеркала, що направляють сонячне проміння всередину об'єму батареї, можуть розташовуватися по обох торцевих поверхнях горизонтально встановленої батареї, направляючи сонячне проміння всередину кожної з окремих призм, а напівпрозорі дзеркала встановлюються на все бічні поверхні і поверхні основ. Батарея постійно орієнтується на попадання прямого сонячного проміння всередину призм, а торець, що знаходиться знизу, закривається дзеркалом, яке відбиває сонячне проміння всередину кожної з призм. Таким чином здійснюють деяке накопичення її усередині цього об'єму, що забезпечує попадання підвищеного потоку сонячної енергії на кожний елемент. При цьому повітря, що знаходиться усередині об'єму, використовують як для розсіювання сонячної енергії, так і для охолодження елементів сонячної батареї до оптимальної температури (приводячи це повітря в циркуляцію і пропускаючи через холодильник), при якій вони виробляють найбільшу кількість електричної енергії.

Описана об'ємна сонячна батарея, за оцінками авторів, повинна виробляти набагато більшу кількість електричної енергії в порівнянні з існуючими одношаровими сонячними батареями завдяки чотирьом складовим: більшій кількості елементів при одній і тій же займаній площі поверхні; використанню двосторонніх сонячних елементів; більшому потоку сонячної енергії, падаючої на кожний з елементів; охолодженню елементів до оптимальної температури, при якій виробляється найбільша кількість електричної енергії.

До недоліків прототипу слід віднести те, що реальна її ефективність істотно менше за рахунок наступних ваб конструкції. При роботі виникають втрати розсіювання на елементах, що

відбивають енергію, оскільки при зміні положення сонця неможливо забезпечити протягом всього дня вертикальне падіння на них світлового потоку без застосування механічного вузла для корекції орієнтації батареї на сонці. Крім того, без зміни орієнтації помітна частина енергії втрачається при затінюванні одних елементів іншими. Інша частина енергії витрачається на потреби охолодження елементів.

В основу запропонованого технічного рішення поставлена задача створення комплексної сонячної енергобатареї, яка унаслідок оптимізації променевого навантаження на фотоперетворювачі буде мати підвищену ефективність і збільшений термін служби, і яку можна монтувати на опорній поверхні будь-якої кривизни, а при необхідності розбирати для зміни форми, і яка, крім того, не потребує застосування пристрою для орієнтації її на сонці.

Поставлена задача вирішується тим, що як елементи для формування об'ємної конструкції застосовуються виконані зі скла трубчасті круглі або багатогранні порожнисті комірочки циліндричної, призматичної форми, а також, переважно, у вигляді зрізаних багатограних (чотири- або шестиграних) пірамід з гострим кутом розкриття, зверненим у бік надходження сонячного випромінювання, причому на зовнішню поверхню комірок нанесене плівкове покриття з напівпровідникових матеріалів в вигляді дискретних поперечних незамкнутих кілець, відокремлених одне від одного проміжками, а поверх кілець нанесена контактна сітка з матеріалу із високою електропровідністю, як концентратор сонячної енергії, направляючий промені всередину каналу комірок, використовують лінзи Френеля, які закривають вхідні торці кожної комірки, причому фокусна відстань лінзи дорівнює глибині каналу комірки, дно кожної комірки функціонально являє собою тепловий адсорбер, виконаний у вигляді циліндричної або багатогранної пробки, що входить в канал комірки через втулку, яка обрамляє нижній торець комірки і виконана з теплоізоляційного матеріалу, площа верхнього кінця пробки покрита шаром селективного матеріалу, який забезпечує максимально можливе поглинання сонячної енергії що потрапляє на пробку і одночасно перешкоджає зворотному випромінюванню, нижній кінець пробки виступає за габарити втулки, що дозволяє з'єднувати через нього кожну комірку із спільним теплообмінником, для забезпечення надійного, але нежорсткого контакту пробка виконана з феромагнітного матеріалу, намагніченого уздовж головної оптичної осі комірки і таким чином являє собою постійний магніт, який при зближенні притягується до опорної стінки теплообмінника, який виконаний у вигляді металевого резервуара, виготовленого з феромагнітного матеріалу, при цьому кожна комірка при з'єднанні входить в тепловий контакт з опорною площиною стінки теплообмінника, що охолоджується циркулюючим рідким теплоносієм, теплообмінник разом з контуром циркуляції являють собою вузол охолодження, з великої кількості комірок, які примагнічуються до верхньої стінки теплообмінника за допомогою пробок, на поверхні теплообмінника збирають об'ємну конструкцію фасеточної структури, яка може мати будь-яку, в тому числі, і змінну кривизну, переважно напівсферичну, причому при збірці формується модуль сонячної енергобатареї, який, будучи встановлений на нерухомій опорі, в змозі ефективно працювати одночасно як в фотоелектричному, так і в тепловому режимі, без використання механізмів орієнтації на сонце, а при необхідності може бути розібраний та для зміни форми зібраний на новій опорі.

Розкриємо суть технічного рішення, що патентується, і проведемо порівняльний аналіз відмінних ознак прототипу і запропонованого пристрою. Для вирішення задачі в ролі елементів для формування об'ємної конструкції використовуються виконані зі скла трубчасті порожнисті комірочки різної форми. Кожний елемент виготовляють у вигляді скляної комірки, на зовнішню поверхню якої наносять незамкнуті кільця (або доріжки) напівпровідникових фотоелектричних перетворювачів. Вони розміщуються ярусами по довжині трубки. Потік світла, який входить під кутом всередину трубки, багато разів на різній висоті взаємодіє з поверхнею скла. В кожному акті взаємодії світло частково відбивається і йде на більш низький ярус, а частково проходить через стінку трубки і потрапляє на напівпровідниковий шар даного ярусу. Переходячи від верхніх кілець до нижніх світлова енергія поглинається напівпровідниковим матеріалом в послідовних затухаючих актах віддзеркалень і поглинань.

Таким чином, комірочки виконані у вигляді трубок, світлопоглинаюча поверхня яких розгорнена уздовж напряму падіння сонячного проміння. Світловий потік при цьому в оптичному відношенні послідовно розділюється на декілька потоків, інтенсивність яких поступово зменшується. Цей прийом оптимізує акт взаємодії світла з напівпровідниковим матеріалом, унаслідок того, що інтенсивність потоку вводиться в діапазон повного поглинання, а ступінь розігрівання матеріалу зменшується. В результаті такий сонячний елемент здатний більш ефективно поглинати променисту енергію завдяки своїм особливим оптичним властивостям, що знижують втрати енергії.

Сонячний елемент розробленої конструкції може бути виготовлений як методом наклеювання плівкових доріжок наступним чином. З прозорого надміцного боросилікатного скла відливають трубки, габарити і форма яких залежать від загальної архітектурної і технологічної ідеї конкретного виконання сонячної батареї. На зовнішню поверхню трубок методом

плазмового або епітаксійного осадження наносять шар гідрогенізованого α -кремнію товщиною до 100 Å. Потім за допомогою тієї ж технології на сформований шар через маску наносять систему шарів з легуючих матеріалів (фосфору, бору, сурми і т.п.). Після цього проводять відпал, нагріваючи трубки для прискорення дифузії. В результаті відпалу в місцях локалізації легуючих елементів формуються напівпровідникові р-п структури.

Для знімання ЕДС поверх шарів напівпровідника наносять (теж плазмовим напиленням) контактну металеву сітку з високою електропровідністю, наприклад з міді. Елементи сонячної батареї звичайно сполучають послідовно і узгоджують по струму. Узгодження включає регулювання товщини перехідних шарів доти, поки кожний перехід не створюватиме майже однаковий по величині струм. Якщо струми не узгоджені, результат для ефективності роботи є несприятливим. Необхідності узгодження струмів можна уникнути за допомогою використання паралельного з'єднання. Паралельне з'єднання в багатокомпонентних сонячних модулях звичайно не використовують, зважаючи на складність конструкції, необхідної для його реалізації. Проте, метод плазмового напилення контактної сітки і приєднання відповідної електроніки може сприяти вирішенню проблеми комутації.

У відомих сонячних батареях світловий потік, який падає на локальну площадку напівпровідникового шару, частково розсіюється в ньому у вигляді тепла, а поступовий нагрів матеріалу призводить до зниження ККД перетворення. Для кремнієвих елементів ККД зменшується на 0,5 % при перегріві на кожний градус. Така швидка деградація функціональних параметрів вимушує застосовувати різні типи охолодження (рідиною або повітряним обдувом). В прототипі застосовано низькоефективний метод циркуляції повітря, охолоджуваного за допомогою рефрижератора.

В батареї, що патентується, використовується метод попереднього запобігання перегріву сонячних елементів. Для реалізації методу використовують відбивну здатність матеріалу трубок, що розглядаються як оптичні поверхні. Той самий недолік, для компенсації якого вживають такі великобюджетні заходи, як постачання батарей трекерами, в розробленій ідеї стає ключовим діючим процесом. В створених комірках вірогідність перегріву істотно знижується за рахунок режиму перерозподілу світлового навантаження. Завдяки цьому вони повільніше деградують і працюють більш ефективно. Така тактика дозволяє використовувати більш ефективні концентратори світлового потоку ніж дзеркала. Варіант, що патентується, характеризується тим, що засвічення фоточутливої поверхні проводиться з використанням методу оптичного фокусування. Для цього світлоприймальний торець кожної трубчастої ячейки закривають лінзою Френеля. Сонячний елемент конфігурований для прийому концентрованого сонячного випромінювання у вигляді локальної площадки, яка переміщується по поверхні напівпровідникових плівок згідно з рухом сонця. Лінза налаштована так, що її фокусна відстань рівна глибини комірки. Коли проміння падає на лінзи під кутом, тобто, коли використовуються побічні оптичні осі, на верхніх ярусах фоточутливих кілець зображення сонця розмиті, а при переміщенні сонця у міру відходу його розмитого зображення вниз, різкість поступово збільшується, а площадка засвічення зменшується. Це дає можливість компенсувати втрату потоку внаслідок розсіювання, а також через зменшення кута падіння на поверхню фотоелектричного перетворювача. Таким чином, взаємодія захопленого трубкою світлового потоку з її шарами триває практично до повного загасання, а захоплена енергія використовується з максимальною повнотою. Найістотношою мірою зменшення нагріву матеріалу є те, що потік, що не прореагував з шаром напівпровідника, відбивається і падає на іншу площадку, де знову розділяється і відбита частина йде на наступну площадку.

В прототипі ж використання як концентратора сонячного випромінювання плоских дзеркал призводить до серйозних утруднень: в багаторівневих варіантах компоновки плоских елементів це проблеми затінення, а у сотовому варіанті це необхідність використання механічної системи орієнтації батареї на сонце.

Дно кожної комірки виконано у вигляді циліндричної або багатогранної пробки, що входить в канал комірки, верхній її кінець покритий чорним шаром селективного матеріалу.

Як вже зазначалось, у прототипі застосовується малоефективний спосіб повітряного охолодження, тому вірогідність перегріву сонячних елементів збільшується при концентрації променистого потоку.

В пристрої, що патентується, температурний режим підтримується за рахунок розподілу енергії потоку, а також за рахунок кондуктивного водяного охолодження з боку зістикованого з комірками блоком теплообмінника.

Коли сонячне проміння проходить по головній оптичній осі лінзи Френеля, то потік сходиться на дні комірки у фокальній площині, даючи мінімальну площадку освітленості (фактично, зображення сонячного диска). Потік енергії потрапляє на неселективне чорне покриття абсорбера і поглинається ним. Теплова ізоляція пригнічує конвективну, кондуктивну та радіаційну складові теплових втрат. За рахунок низького коефіцієнта випромінювання покриття віддача тепла всередину каналу комірки з поверхні абсорбера незначна. Внаслідок чого пробка нагрівається і віддає енергію теплообміннику. Це тепло відводиться одним з відомих способів, наприклад проточним. У такому разі комірka не генерує ЕРС, а працює в тепловому режимі, акумулюючи енергію в масі теплоносія.

Пробка виготовлена з феромагнітного матеріалу і тому виконує ще одну функцію - її нижня полюсна грань може притягуватися до зовнішніх феромагнітних деталей. Такою деталлю в даній конструкції є теплообмінник, який виготовлений у вигляді спільного плоского металевго резервуара, стінки якого виконані з феромагнітного матеріалу. При монтуванні модуля пробки комірок входять як у магнітний, так і в тепловий контакт з площиною опорної стінки теплообмінника. Велика кількість багатограних комірок може бути зіставлена в об'ємну конструкцію на такій поверхні будь-якої змінної кривизни, зокрема на півсфері, у фасетній структурі. При цьому формується модуль сонячної батареї, який в змозі ефективно працювати без використання механізмів орієнтації на сонце, а при необхідності може бути розібраний для зміни форми.

В прототипі різні конфігурації батареї змонтовують з плоских сонячних елементів і плоских дзеркал. Внаслідок цього всі можливі варіанти збірки не виходять за тип площинних об'ємних конструкцій. Комірki, що утворилися при цьому, не є самостійними незалежними елементами батареї.

Модуль батареї, що патентується, збирається з окремих вже об'ємних елементів, які є самостійними комірками, здатними працювати при відділенні від панелі модуля із збереженням позитивних властивостей, які надає їм вихідна об'ємність. Магнітний зв'язок з опорною поверхнею робить технологічно нескладною збірку і переформовування модуля батареї. Створені у такій схемі сонячні батареї еквівалентні по функціональних задачах звичайним сонячним елементам, проте мають геометричні особливості, оскільки поглинаючи енергію сонця поверхня в них розгорнена вертикально відносно поверхні землі. Світлоприймальні торці трубок утворюють робочу площину, що складається з великої кількості зістикованих лінз Френеля. З метою більш повного використання площі модуля, їх раціонально виготовлять шестиграними. В результаті комірки організовуються в фасеточну структуру.

Однією з архітектурних форм, яку можна з успіхом надати модулю сонячної енергобатареї в регіонах з надмірною (відносно до фотосприйнятливості напівпровідників) освітленістю поверхні землі є напівсферична конструкція. Для спорудження такої і подібних вільних конфігурацій циліндричні трубки підміняють конічними, виконаними у вигляді зрізаної піраміди (чотирьох - або шестикутної) з гострим кутом розкриття, направленим у бік сонячного випромінювання. Детальний пристрій кожного такого сонячного елемента принципово аналогічний пристрою циліндричних елементів. Їх монтаж проводиться по схемі "ока стрекози". Фасеточна композиція відрізняється від сотової (за прототипом) тим, що комірки, з яких зіставлений модуль в прототипі мають призматичну форму, а в запропонованому - пірамідальну. Фасеточна структура складання наближає модуль до природних форм, ефективність яких підтверджена еволюційними успіхами. При цьому жорсткої умови повного прилягання стінок сусідніх комірок не потребується. Більш того, повітряні зазори, що утворилися, можуть використовуватися для прокладки комутаційних з'єднань, які відводять струм, що генерується. Таким чином, пірамідальні комірки з одним і тим же кутом розкриття можуть використовуватися без зміни для фасеточної збірки модулів на різних криволінійних поверхнях: циліндричних, сферичних, конічних і комбінованих.

Запропонований напівсферичний фасеточний модуль сонячної енергобатареї, може бути розміщений на нерухомому опорному столі без використання поворотної бази. Стіл може встановлюватися на різній висоті над рівнем землі. Якщо місце дислокації знаходиться в запиленіх регіонах, то висота розміщення повинна бути максимально можливою. Таку батарею слід закріплювати на плоских дахах високих будівель і заводських споруд, а також на виділених опорах. В екологічно чистих регіонах її можна встановлювати прямо на фундаменті, оскільки це полегшує гігієнічне обслуговування оптичної системи.

Збільшена чутливість батареї фасеточного типу до світла обумовлена не тільки ефективністю поглинання падаючої на неї сонячної енергії, але і дією концентраторів, які уловлюють і посилюють не тільки проміння прямого падіння, але й захоплюють косе проміння в широкому діапазоні кутів. Це є достатньо важливий параметр для системи, позбавленої рухового вузла орієнтації. Денний обхід променевим потоком більшої частини поверхні батареї примушує по черзі працювати практично всі комірки. При цьому змінюється тільки режим їх роботи. Трубки, що потрапляють в дану годину під пряме засвічення, працюють у тепловому режимі, а великий масив трубок, що знаходяться в зоні менших і малих кутів, працюють у фотоелектричному режимі.

Завдяки цьому комплексна енергобатарея, що патентується, при використанні лінзових концентраторів світлового потоку, напівсферичної форми та фасеточної структури не потребує необхідності в корегуванні орієнтації модуля на сонце. Це інший підхід до використання енергії сонячного світла, при якому деякі втрати потужності компенсуються значним спрощенням конструкції батареї, підвищенням надійності та подовженням терміну служби.

Проведений порівняльний аналіз показує, що комплексна сонячна енергобатарея, що патентується, наділена істотними відмінними ознаками в порівнянні з прототипом, а сукупність ознак сприяє рішення поставленої у винаході задачі.

За відомостями, що є у авторів, запропонована сукупність відмінних ознак, яка характеризує суть винаходу, не відома в даному розділі техніки.

Запропоноване технічне рішення може бути використане при проектуванні фотоелектричних станцій як автономних, так і таких, що входять до складу промислових енергосистем.

Схема пристрою, що патентується, пояснюється кресленнями, де на фіг. 1 приведена принципова схема комірки в умовному циліндричному варіанті виконання, на фіг. 2 показана спрощена схема комірки у вигляді зрізаної шестигранної піраміди, на фіг. 3 - схема фасеточної напівсферичної енергобатареї (поперечний розріз), на фіг. 4 - схема напівсферичної енергобатареї (вигляд збоку).

Кожна комірка комплексної сонячної енергобатареї складається із скляної трубки 1 (фіг. 1), на зовнішній поверхні якої наносять кільцеподібні плівкові фотоелектричні перетворювачі 2. Вони розподілені ярусами по довжині трубки, відокремленими один від одного зазорами і покриті зовні електроізоляційним шаром 3. Світлоприймальний торець кожної трубки закритий лінзою Френеля 4. Дно кожної комірки функціонально є тепловим адсорбером, виконаним у вигляді пробки 5, яка входить в канал 6 комірки через теплоізоляційну втулку 7, яка обрамляє нижній торець трубки. Площина верхнього торця пробки 5 покрита шаром 8 селективного матеріалу, який забезпечує максимально можливе поглинання сонячної енергії. Втулка 7 виконана з теплоізоляційного матеріалу і пригнічує конвективну та радіаційну складові теплових втрат в оточуюче середовище. Нижній кінець пробки виступає за габарити втулки 7, що дозволяє сполучати через нього кожну комірку із спільним теплообмінником 9. Для забезпечення надійного, але нежорсткого контакту з теплообмінником пробка 5 виконана з феромагнітного матеріалу, намагніченого уздовж головної оптичної осі трубки. Таким чином, вона є постійним магнітом, який при зближенні притягується до стінки теплообмінника 9, який виготовлений у вигляді металевого резервуара (представленого умовно з великим масштабуванням), стінки якого теж виконані з феромагнітного матеріалу. У принципі феромагнітною повинна бути тільки верхня стінка, на якій встановлюються комірки. Кожна комірка батареї при збірці входить в магнітний і тепловий контакт з опорною площиною теплообмінника 9, охолоджуваного циркулюючим рідким теплоносієм, і разом з контуром 10 циркуляції і споживачем 11 є вузлом охолодження, який дає змогу коміркам працювати ще і в режимі сонячного теплового колектора. Променевий потік 12 фокусується на кільцевих перетворювачах 2 у вигляді локальної площадки 13.

Певна кількість комірок, зібраних на верхній площині теплообмінника 9, за допомогою намагнічених пробок 5, може стати модулем сонячної батареї, об'ємною конструкцією, якій можна надати будь-яку кривизну, у тому числі і змінну. Проте, для створення модулів вільної конфігурації використовуються комірки, виконані у вигляді зрізаної піраміди (чотири- або шестикутної) з гострим кутом розкриття, повернутим у бік падаючого сонячного випромінювання. Детальний пристрій кожної такої комірки (фіг. 2) принципово аналогічний пристрою циліндричних комірок, описаних вище, але показаний в конструктивно спрощеному вигляді з акцентом тільки на відмінних особливостях. Так, в пірамідальних комірках бічні стінки трубки 1 втрачають паралельність, причому кут розкриття α може змінюватися і визначать зміну відношення площ верхнього і нижнього торців трубки. Внаслідок цього площа лінзи Френеля 4 в пірамідальних комірках помітно перевершує площу верхнього торця пробки 5. Ці відмінності не порушують основного принципу розділення світлового потоку, але зменшують тривалість

колекторного теплового режиму за рахунок збільшення тривалості фотоелектричного. Нижній торець пробки 5 може бути виконаний із ступенем кривизни, який відповідає кривизні опорної стінки теплообмінника 9. Втулці 7 надають такий же ступінь конусності, що і трубі 1.

Оптимальною архітектурною формою, яку можна з успіхом отримати за допомогою 5 комірчастих елементів є напівсферична фасетчаста конструкція, повністю заповнена трубками. Для створення такого модуля і подібних модулів вільної конфігурації використовують пірамідальні комірки, зібрані в єдиний масив у схемі фасеточної структури. Напівсферичний модуль 1 (фіг. 3 та фіг. 4) сонячної енергобатареї, зібраний з пірамідальних комірок 2, розміщують на нерухомому опорному столі 3, виконаному у вигляді кільцевої полиці і 10 сполученому за допомогою кронштейнів 4 з опорою 5, виготовленою у вигляді колони (стовпа), встановленого на фундаменті 6. Комірки 2 спираються на теплообмінник 7, зафіксований на столі 3. Він має напівсферичну форму з порожниною 8 для розміщення блока 9 електроустаткування (з інвертором та акумуляторами). Комірки фіксують на теплообміннику за 15 рахунок магнітної взаємодії. Оскільки стінки сусідніх комірок 2 не повинні обов'язково прилягати, то повітряні зазори 10, що утворилися, можна використовувати для прокладки провідникових шнурів (не показані), які відводять струм, що генерується.

Описана батарея працює наступним чином.

Оскільки батарея, що патентується складається з комірок, кожна з яких здатна генерувати 20 струм та тепло самостійно, то насамперед розкриємо технологію функціонування окремої комірки. Світлова енергія 12 (фіг. 1) входить у канал 6 комірки 1. Коли проміння падає на лінзу 4 під кутом γ , тобто, коли використовуються побічні оптичні осі, світловий потік фокусується у формі локальної площадки 13 на поверхні першого кільця 2, а потім багато разів на різній висоті взаємодіє з напівпровідниковим матеріалом кілець послідовних ярусів, внаслідок чого світлова 25 енергія поступово поглинається. Взаємодія захопленого коміркою світлового потоку з шарами фотоперетворювачів йде ступінчасто, тому енергія розподіляється дозовано і використовується з максимальною повнотою. Розмір площадки 13 при переході з верхніх кілець на нижні зменшується. Залишки енергії променів, які досягли дна каналу 6 розсіюються в покритті 8 пробки 5. Денний зсув сонця призводить до того, що світловий потік падає в різні години на різні частини поверхні кілець. При цьому з кожного ярусу за допомогою контактної сітки (не показана) 30 знімається своя ЕРС і передається в контур навантаження.

Коли сонячне проміння падає на лінзу Френеля 4 вертикально, увесь світловий потік досягає донного покриття 8. Це тепло перетікає в теплообмінник 8 кондуктивним переносом через пробку 5. Напрямок збудженого теплового потоку по пробці 5 визначається 35 температурним градієнтом, вектор якого при всіх режимах спрямований в бік теплообмінника 9, оскільки він постійно охолоджується. У такому стані комірка не генерує ЕРС, а починає працювати тільки в режимі теплового перетворення. Рідкий теплоносіє відводить тепло споживачу 11.

На фіг. 3 показано як ці процеси відбувається при дії сонячного світла на модуль 40 напівсферичної фасеточної батареї, тобто на систему об'єднаних в модуль батареї 1 пірамідальних комірок 2. З причини сферичності світлоприймальної поверхні батареї 1 кути падіння проміння на лінзи Френеля різних комірок істотно відрізняються. Внаслідок цього комірки не тільки видають різний рівень потужності, але й працюють одночасно у різних режимах. Менша частина комірок отримує вертикальне освітлення і виробляє теплову енергію. Більша частина працює в фотоелектричному режимі, виробляючи електричну енергію. Системи 45 утилізації цих двох видів енергії працюють незалежно від того які конкретно комірки генерують даний вид енергії, оскільки і теплообмінник 7, і також блок електроустаткування 9, з'являються спільними для всіх комірок по способу скомутованості.

Комплексна енергобатарея, що складається із пірамідальних елементів має наступні переваги.

50 Трубки комірок герметично закриті з сонячної сторони лінзами, а з протилежної сторони - феромагнітними пробками. Тому внутрішні оптичні поверхні комірок надійно ізольовані від дії атмосферних опадів і забруднень, захищені від механічних пошкоджень.

Механічні параметри напівсферичних фасеточних модулів вище, ніж у площинних панелей. Тому вони довговічніше.

55 Напівсферичні фасеточні модулі відрізняються меншою жорсткістю установних вимог, оскільки концентратори значною мірою компенсують неточності орієнтації на сонце.

Підвищення виробничої потужності запропонованої батареї фасеточного типу зводиться до збільшення її товщини, а не займаної площі. Природно, цей ефект стає більш вагомим при дислокації сонячних установок в південних областях України.

Двійний спосіб утилізації променистої енергії (перетворення в електричну і в теплову енергію) збільшує ефективність фасеточної батареї, оскільки таким чином поглинаються як тепловий (інфрачервоний), так і жорсткий (фіолетовий та ультрафіолетовий) діапазони спектру.

Вага фасеточних модулів не набагато збільшується в порівнянні з площинними, оскільки напівпровідниковий матеріал наноситься на поверхню комірок у вигляді пліткових шарів.

Фотоприймальні властивості фасеточних модулів можуть поліпшуватися за рахунок надання їм різноманітних форм. Оскільки вони є набірними конструкціями, то їх можна без додаткових проблем розміщувати не тільки на сферичних, але й на циліндричних, конічних консолях (у тому числі і не таких, що обертаються) і, в загальному випадку, на підтримуючих опорах складних округлих форм. Так, розміщення на конічних (або складніших) вертикальних підтримуючих конструкціях типу башт, розподіл освітленості на яких характеризується переважанням маловуглового падіння проміння на поверхню, дає перевагу фасеточним модифікаціям, комірки яких захоплюють косі світлові потоки майже так само ефективно, як і вертикальні.

Таким чином, комплексні енергобатареї здатні набагато більш органічно інтегруватися в набуваючі популярність баштові сонячні електростанції, в яких фотоелектричні комірки розміщуються на зовнішніх поверхнях вертикальних баштових конструкцій з великими робочими площинами і малими розмірами відчужених під опору земельних ділянок. Плоскі панелі не можуть плавно вписатися в криволінійні поверхні башт, а з пірамідальних комірок легко формуються суцільні криволінійні фасетчасті поверхні будь-яких конфігурацій. При цьому форма башт може бути спрощена, оскільки діапазон ефективних кутів падіння потоку для комірок з концентраторами помітно більше, ніж для плоских панелей. Крім того, відпадає необхідність обертання башт для стабілізації температурних полів в оптимальному діапазоні, оскільки рівень нагріву елементів істотно знижений за рахунок їх конструктивних особливостей та більш ефективного способу охолодження.

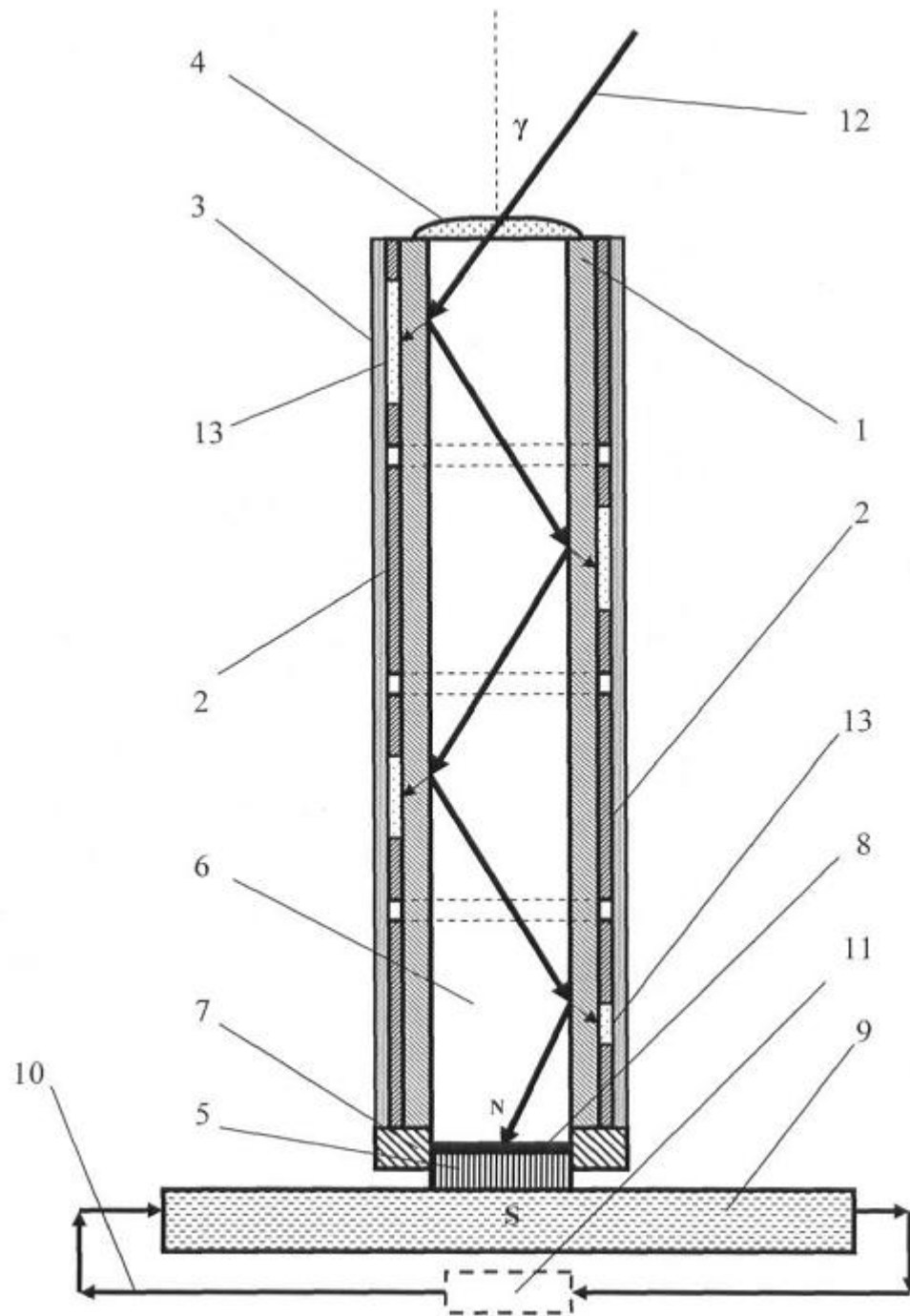
Сонячна енергобатарея, що патентується, має ще одну корисну якість. При необхідності вона може бути розібрана на окремі комірки і з них зібрана заново батарея іншого розміру, або форми.

Аеродинамічні властивості напівсферичної батареї (обтічність конструкції) набагато кращі, ніж у плоских панелей, а також площинних об'ємних форм, вітрильність яких створює небезпечні для трекерів силові навантаження при поривчастому вітрі. Будь яка плоска панель безперервно зміщується в азимутальній та зенітальній площинах і більшу частину світлового часу орієнтована поперек приземних повітряних течій, приймаючи великою поверхнею тиск швидкісного напору. Півсфера ж встановлена горизонтально і має значно менший опір вітровим потокам. Таким чином, запропонований пристрій вільний від дії перешкод, що викликаються сильними вітрами.

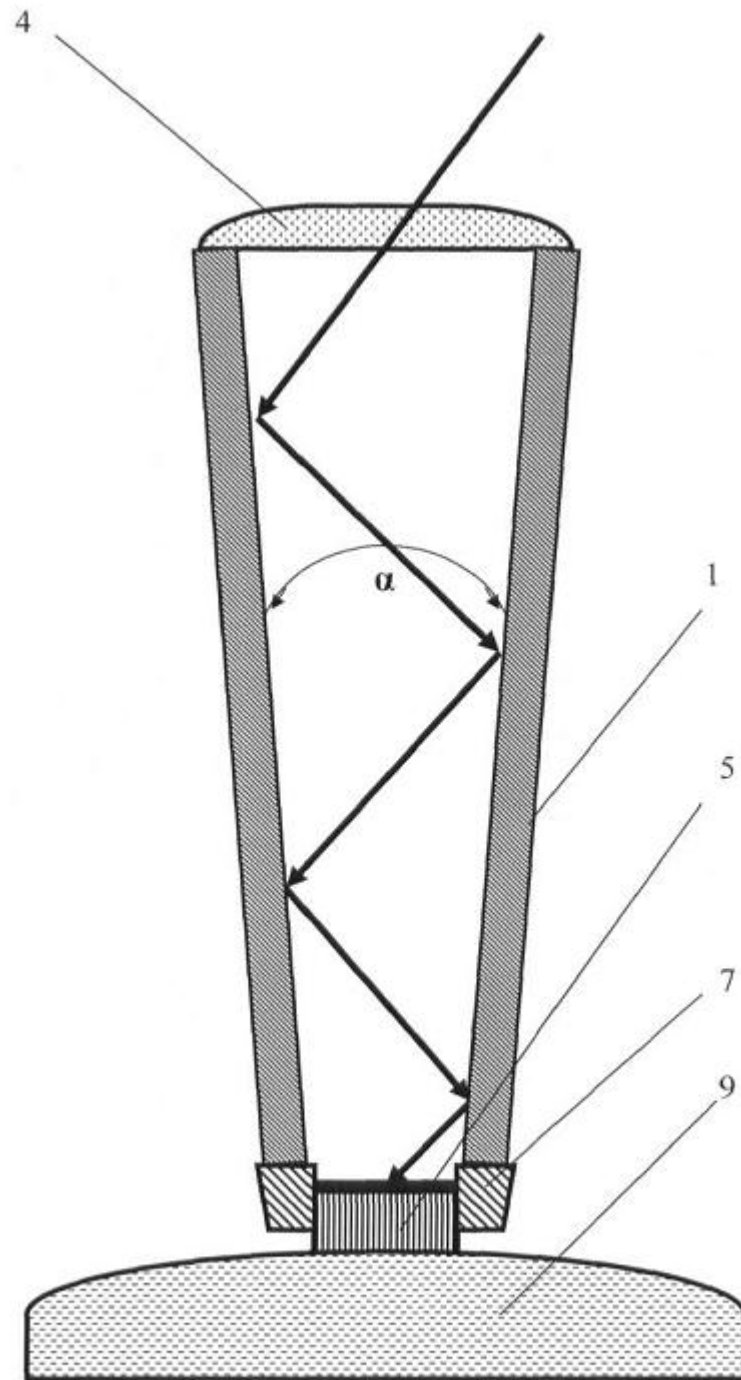
ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

Комплексна сонячна енергобатарея, що зібрана з окремих сонячних елементів в об'ємну конструкцію і оснащена концентраторами сонячної енергії, направляючими сонячні промені всередину кожної порожнини, а також охолоджуючим сонячні елементи вузлом, яка **відрізняється** тим, що як елементи для формування об'ємної конструкції застосовуються виконані зі скла трубчасті круглі або багатогранні порожнисті комірки циліндричної або призматичної форми, або у вигляді зрізаних багатограних пірамід з гострим кутом розкриття, зверненим у бік надходження сонячного випромінювання, причому на зовнішню поверхню комірок нанесене плівкове покриття з напівпровідникових матеріалів у вигляді дискретних поперечних незамкнутих кілець або доріжок, відокремлених проміжками і розподілених ярусами по довжині трубки, а поверх кілець нанесена контактна сітка з матеріалу із високою електропровідністю, вся електрична система покрита теплоізоляційним шаром, як концентратор сонячної енергії, направляючий промені всередину каналу комірок, використовують лінзи Френеля, які закривають входні торці кожної ячейки, причому фокусна відстань лінзи дорівнює глибині каналу комірки, або ж перевищує її, дно кожної комірки функціонально являє собою тепловий адсорбер, виконаний у вигляді циліндричної або багатогранної пробки, що входить в канал комірки через втулку, яка обрамляє нижній торець комірки і виконана з теплоізоляційного матеріалу, площа верхнього кінця пробки покрита шаром чорного селективного матеріалу, який забезпечує максимально можливе поглинання сонячної енергії, що потрапляє на пробку, і одночасно перешкоджає зворотному випромінюванню, нижній кінець пробки виступає за габарити втулки, що дозволяє з'єднувати через нього кожну комірку із спільним теплообмінником, для забезпечення надійного але нежорсткого контакту пробка виконана з

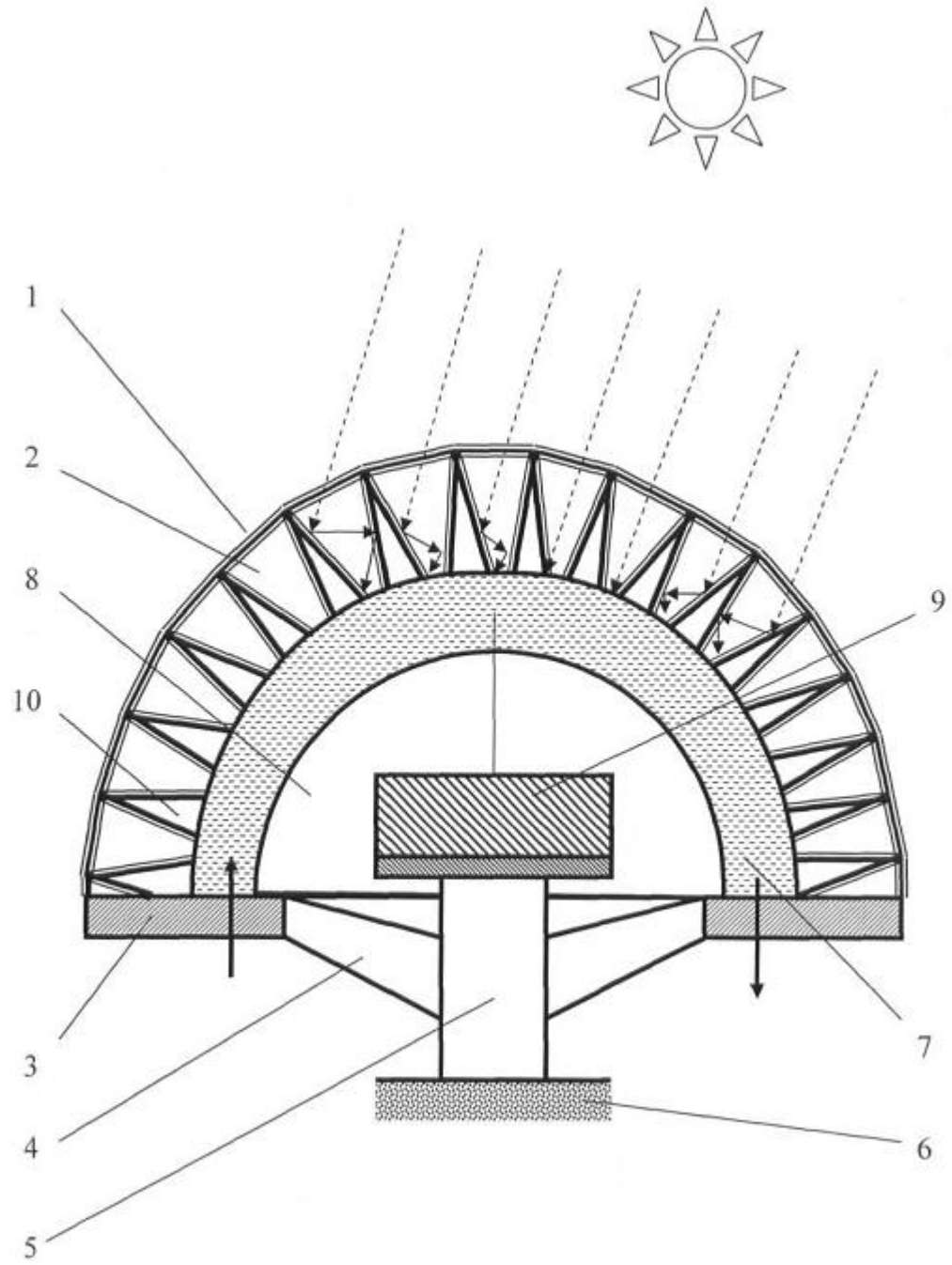
- ферромагнітного матеріалу, намагніченого уздовж головної оптичної осі комірки і таким чином являє собою постійний магніт, який при зближенні притягується до опорної стінки теплообмінника, який виконаний у вигляді металевого резервуара, виготовленого з ферромагнітного матеріалу, при цьому кожна комірка при з'єднанні входить в тепловий контакт з
- 5 опорною площиною стінки теплообмінника, що охолоджується циркулюючим рідким теплоносієм, теплообмінник разом з контуром циркуляції являють собою вузол охолодження, з великої кількості комірок, які примагнічуються до верхньої стінки теплообмінника за допомогою пробок, на поверхні теплообмінника збирають об'ємну конструкцію фасеточної структури, яка має будь-яку, в тому числі, і змінну кривизну, переважно напівсферичну, причому при збірці
- 10 формується модуль сонячної енергобатареї, який, при встановленні на нерухомій опорі, ефективно працює одночасно як в фотоелектричному, так і в тепловому режимі, а при необхідності може бути розібраний та для зміни форми зібраний на новій опорі.



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3

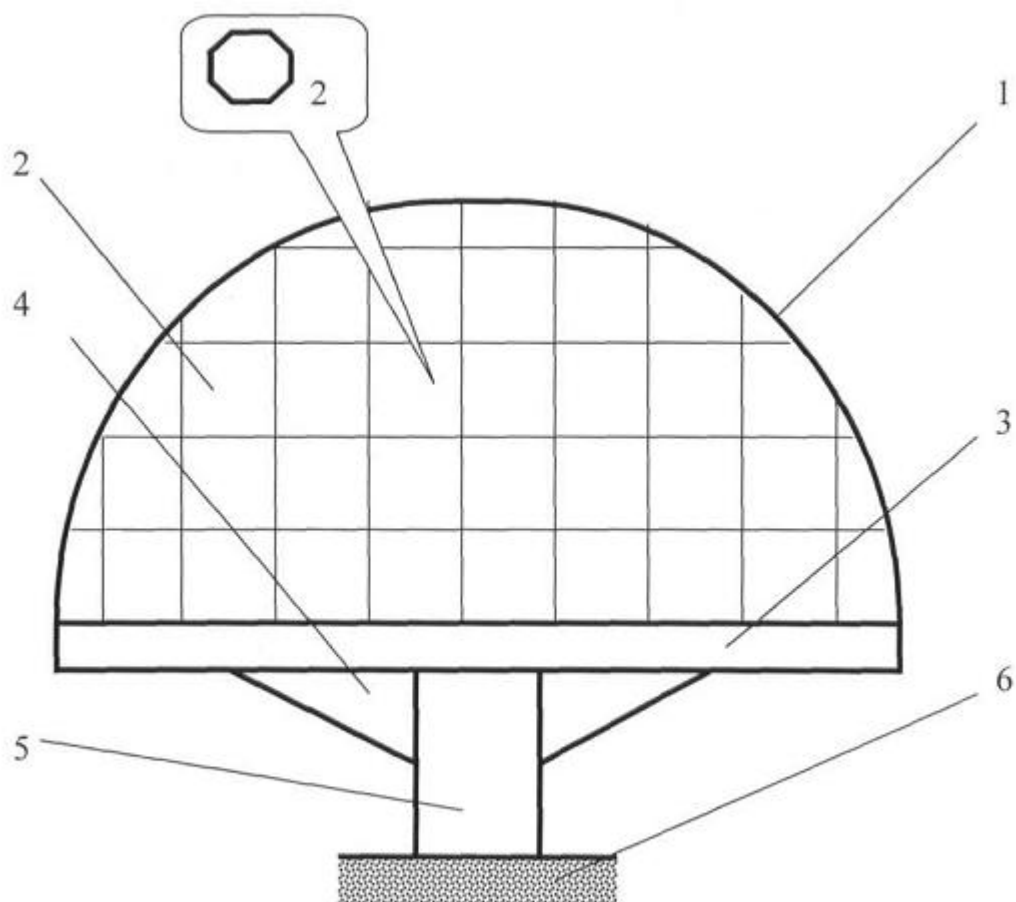


Fig. 4

Комп'ютерна верстка Д. Шеверун

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Василя Липківського, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601