

## USE OF LIGHT CONCENTRATORS IN SEMICONDUCTOR SOLAR PANELS WITH A DIRECT SUN TRACKING SYSTEM ВИКОРИСТАННЯ КОНЦЕНТРАТОРІВ СВІТЛА В ПАНЕЛЯХ НАПІВПРОВІДНИКОВОЇ СОНЯЧНОЇ БАТАРЕЇ ІЗ ТА СИСТЕМОЮ ВІДСЛІДКОВУВАННЯ НАПРЯМУ СОНЦЯ

Melentiev O. B. / Мелентьев О. Б.

Melentiev Ya. O. / Мелентьев Я. О.

Uman State Pedagogical University named after Pavlo Tychyna

Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини

**Анотація.** В даній статті розглядається питання вирішення проблеми підвищення коефіцієнту корисної дії (ККД) у напівпровідникових сонячних батареях, які використовуються в якості електрогенераторів.

На основі аналізу конструкторських розробок напівпровідникових сонячних батареях із використанням концентраторів світла, виявило, що найбільш ефективним є використання лінз Френеля.

В результаті конструкторських досліджень було запропоновано конструкцію напівпровідникової сонячної батареї, які використовують лінзу Френеля у якості концентратора світла і системою відслідковування напрямку сонця, що і обумовлює підвищення ККД напівпровідникових сонячних батареях, надаючи перспектив їх широкого застосування у сонячній енергетиці.

**Ключові слова:** сонячна батарея, концентратор світла, яка підвищує коефіцієнт корисної дії у

### Вступ

Проблема підвищення коефіцієнту корисної дії (ККД) у напівпровідникових сонячних батареях в якості електрогенераторів виникла із початку їх використання. Одним із шляхів підвищення ККД напівпровідникових сонячних батареях є використання концентраторів світла.

Збільшити електричну потужність батареї дозволяє включення у фотоелектричні модулі сонячної батареї концентраторів випромінювання, тому що ККД сонячних елементів при використуванні концентрованого випромінювання росте. Застосування оптичних концентраторів дозволяє скоротити площу сонячних елементів пропорційно кратності концентрування і тим самим зменшити вартість сонячної батареї й збільшити термін служби батареї, тому що концентратори захищають сонячні елементи від впливу радіації.

Так відомий планарний світлопровід (патент РФ №2488149 МПК H02S10/00, H01L31/042 «Концентратор лучей для солнечной батареи с веерным расположением зеркальных отражающих электродов»/ опубл. 20.07.2013 р. ), у якому падаюче світло після багаторазового відбиття усередині концентратора потрапляє на поверхню сонячної батареї [2].

Основним недоліком відомого світлопроводу є низька ефективність за рахунок того, що промінь, незалежно від числа відбиттів, тільки один раз досягають поверхні сонячної батареї, тобто концентратор дозволяє всім падаючим променям тільки один раз здійснювати перетворення в сонячній батареї.



Відомий також патент, що розглядає кульковий концентратор UA 1528540 МПК H02S 10/00, H01L 31/042. «Портативна напівпровідникова сонячна батарея із геліографічним кульковим концентратором для туристичних цілей»/ опубл. 19.04.2023., який також являється одним із варіантів концентраторів сонячної енергії [7].

Одним із ефективнішим видом концентратору світла є лінза Френеля, її перевагою є мала вага та габарити. Зазвичай така лінза плоска, квадратної або прямокутної форми, ще однією із переваг такого концентратора світла є простота технології (технологічність) та мала собівартість.

Найбільш перспективним видом оптичних концентраторів для космічних фотоелектричних модулів є лінійні лінзи Френеля малої маси. У цей час із розвитком технологій полімерних матеріалів збільшується застосування лінз Френеля з полімерним профілем.

Відомий спосіб виготовлення лінз Френеля й інших оптичних структур є спосіб затверджування компаунда засобами радіації, яким заповнюють проміжок між прозорою панеллю й негативною матрицею й потім піддають затвердінню за допомогою ультрафіолетового випромінювання (патент JP 2004258071, МПК G02B 3/00, «Способ изготовления линз френеля для концентраторного фотоэлектрического модуля»/, опубліковано 16.09.2004 р. [4].

#### **Аналіз поточних досліджень і публікацій**

На сучасному етапі розвитку технології вчені працюють над збільшенням базового ККД – рівнем незмінної ефективності. В результаті постійного удосконалення конструкції сонячної батареї цей показник постійно зростає за рахунок встановлення її на опору, яка обертає сонячну батарею слідом за напрямом руху сонця. Відслідковування сонця панеллю ведеться одночасно як по горизонталі такі по вертикалі. За оцінками, установка одного поворотного трекера дає відразу приріст ефективності на 40-50%. Зараз існують нові високоефективні (43,5%) п'ятишарові панелі фірми Sharp, чотиришарові фірми Soy-Tech (44,7%) і пристрій розроблений в Інституті інтегральних схем Фраунхофера (Німеччина) у яких ефективність батареї досягає до 47% [1].

В огляді винаходів, ми будемо посилатися на наші дослідження, що відноситься до сонячної енергетики, зокрема, це стосується концентраторів для сонячних батарей. Відомий голографічний концентратор сонячної енергії: патент РФ №2403510, опубл. 02.03.1999 р., який являє собою концентратор для сонячної батареї виконаний у формі напівциліндра з віяловим розташуванням дзеркальних відбиваючих поверхонь і прозорих напівпровідникових сонячних батарей, причому концентратор і сонячна батарея є інтегрально єдиним обладнанням, недоліком якого є значні втрати світлової енергії [3].

Недоліками таких прототипів є складність у виробництві такого концентратора і сонячної батареї, як інтегрально-єдиного обладнання, велика собівартість, конструктивна складність та налаштування такого виробу. Тому постає проблема виготовлення концентраторів світла для фотоелектричних модулів.

Так в нашому дослідженні, що вилилось у патент UA 153265 МПК



(2023.01): A41D 13/012, A41D 31/10. опубл. 14.06.2023 р. розглядається спосіб виготовлення лінз Френеля для концентраторів фотоелектричних модулів способом термічного формування акрилового скла, що дозволяє виготовляти простим і технологічним способом концентратори фотоелектричних модулів із стабільно високою якістю, малими затратами часу та високим ступенем безвідходності [8].

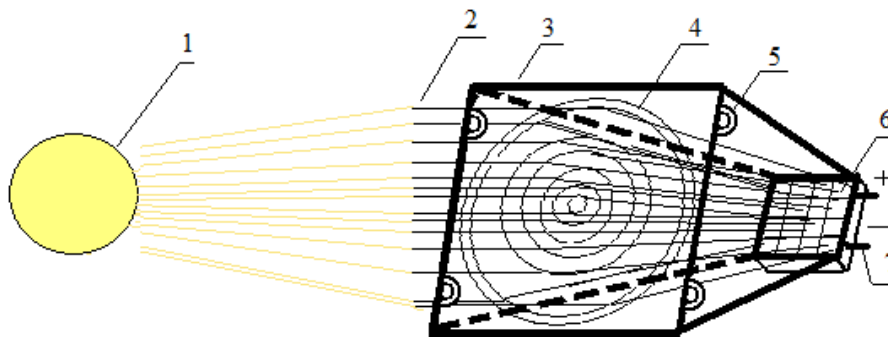
На основі способу термічного формування акрилового скла, що дозволяє виготовляти простим і технологічним способом концентратори до фотоелектричних модулів було розроблено напівпровідникову сонячну батарею із концентратором світла на основі лінз Френеля

Розглянемо прототипи концентраторів для сонячних батарей.

**Мета дослідження** полягає у розробці нової системи використання напівпровідникової сонячної батареї із концентратором світла на основі лінз Френеля з метою збільшення електричної потужності батареї за рахунок підвищення ККД кожного елемента батареї, та системи відслідковування напрямку джерела світла та орієнтації панелі напівпровідникової сонячної батареї.

Модель панелі напівпровідникової сонячної батареї із концентратором світла та системою відслідковування напряму сонця розглянемо на прикладі окремої її секції.

Так в нашому патенті UA 154033 МПК (2023.01): H02S 10/00, H01L 31/042. «Секція напівпровідникової сонячної батареї із концентратором світла» / опубл. 04.10.2023. було розглянуто принцип роботи та конструкція такої секції [5].



**Рисунок 5. Секція напівпровідникової сонячної батареї із концентратором світла.**

Метою пропонованого винаходу було створення секції напівпровідникової сонячної батареї із концентратором світла у вигляді плоскої лінзи Френеля, виконаному у єдиному жорсткому корпусі із можливістю з'єднання багато секцій у єдину сонячну панель, для підвищення максимальної ефективності.

Це досягається тим, що секція напівпровідникової сонячної батареї із концентратором світла має (див. рис. 5.): металевий каркас 3, лінзу Френеля 4, монтажних проушин 5, секції сонячної батареї 6, електроди 7.

Секція напівпровідникової сонячної батареї із концентратором світла працює наступним чином: сонячна енергія від Сонця 1, падає на лінзу Френеля 4, яка збирає сонячні промені 2 на поверхні секції сонячної батареї 6, яка



вмонтована у металевий каркас 3 разом із лінзою Френеля 4.

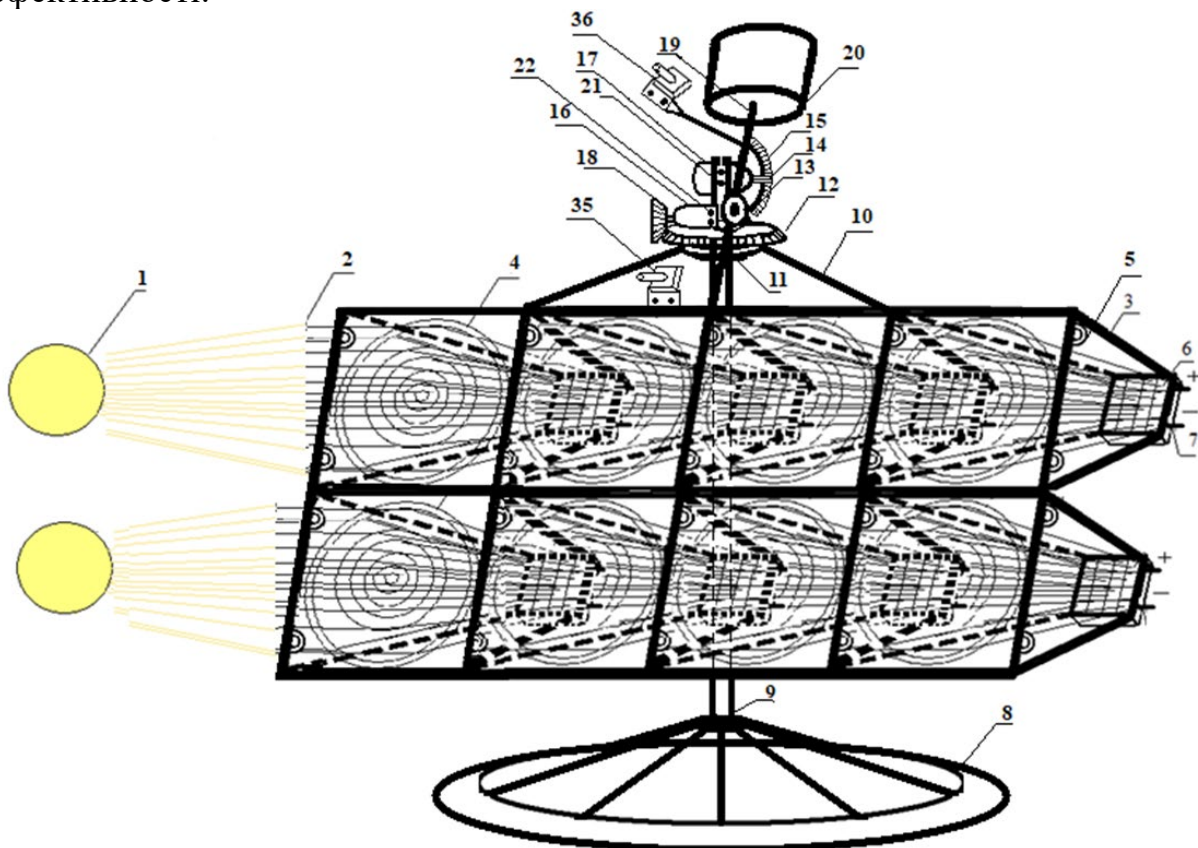
За рахунок високої концентрації сонячних променів 2 на поверхні секції сонячної батареї 6, виникає велика щільність фотонів, яка викликає підвищену емісію електронів та відповідно підвищений електрострум на електродах 7.

За рахунок монтажних проушин 5 на металевому каркасі 3, в який вмонтована лінза Френеля 4 та секція сонячної батареї 6, яка розташована у фокусі лінзи, є можливість монтувати велику кількість секцій сонячної батареї із концентратором світла у єдину панель великої площі, а послідовно-паралельне електроз'єднання електродів 7 дозволяє отримувати будь-які номінали напруги та потужності такої панелі.

Секція напівпровідникової сонячної батареї із концентратором світла дозволяє підвищити коефіцієнт корисної дії кожного елемента сонячної батареї, підвищити ефективність сонячної енергетики, підвищувати напругу та потужність панелі.

На базі вищезгаданого нашого винаходу була запропонована удосконалена конструкція патент UA 153264 МПК: (2023.01), H02S 10/00, H01L 31/042. «Панель напівпровідникової сонячної батареї із концентратором світла та системою відслідковування напрямку сонця»/ 28.04.2022, опубл. 14.06.2023. [6]

Метою пропонованого винаходу є створення панелі напівпровідникової сонячної батареї із концентратором світла, системою відслідковування напрямку сонця та захисним куполом, виконаному у єдиному жорсткому корпусі із можливістю з'єднання багатьох секцій у єдину сонячну панель, для підвищення її ефективності.

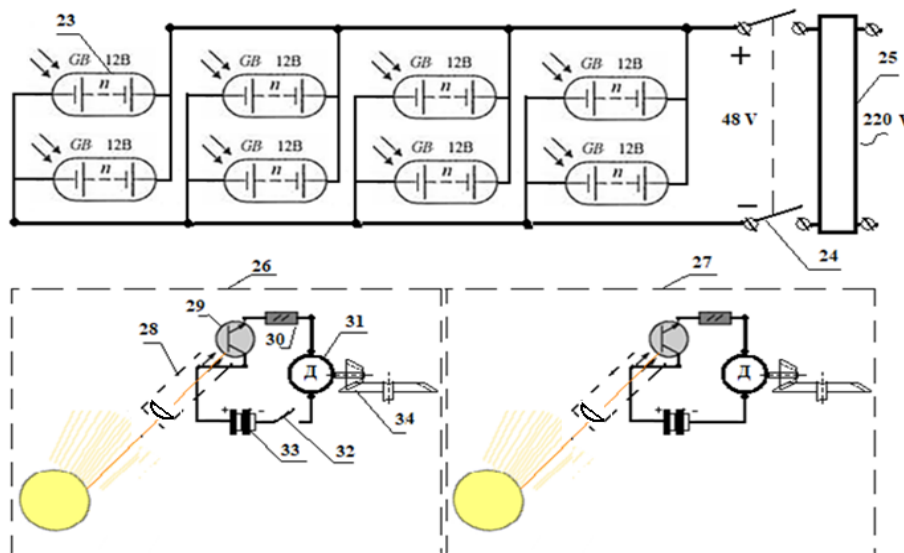


**Рисунок 6. Панель напівпровідникової сонячної батареї із концентратором світла та системою відслідковування напрямку сонця.**



Це досягається тим, що панель напівпровідникової сонячної батареї із концентратором світла, системою відслідковування напрямку сонця та захисним куполом (див. рис. 6.) має: металевий каркас 3, лінзу Френеля 4, монтажні проушини 5, секції сонячної батареї 6, електроди 7. А механічна частина складається із опори панелі 8, стійки 9, підсилювача каркасу 10, підшипнику горизонтальної шестерні 11, шестерні горизонтального обертання каркасу 12, підшипнику вертикального обертання 13, зубчатого валу двигуна вертикального обертання 14, зубчатого сектора вертикального обертання 15, корпус покрового двигуна горизонтального обертання каркасу 16, корпус покрового двигуна вертикального обертання каркасу 17, зубчатого колеса горизонтального обертання каркасу 18, штанги противаги 19, противаги 20, кріплення двигуна вертикального обертання каркасу 21, кріплення двигуна горизонтального обертання каркасу 22.

Панель напівпровідникової сонячної батареї із концентратором світла, системою відслідковування напрямку сонця та захисним куполом працює наступним чином: сонячне світло 2 падає на набір металевих каркасів 3 із монтажними проушинами 5 в якій вмонтовані лінзи Френеля 4, що є концентраторами світла, разом із секціями напівпровідникових сонячних батарей 6, на електродах 7 виробляється підвищений постійний струм, а механічна частина яка керується електронними блоками вертикального та горизонтального обертання каркасу 26, 27, сліdkують за рухом сонця. Вся конструкція захищена прозорим куполом 38, із герметичною застібкою-блискавкою входу у купол 39, проушинами кріплення куполу 37 до даху, та отвором подачі повітря 40 для підтримання форми купола.

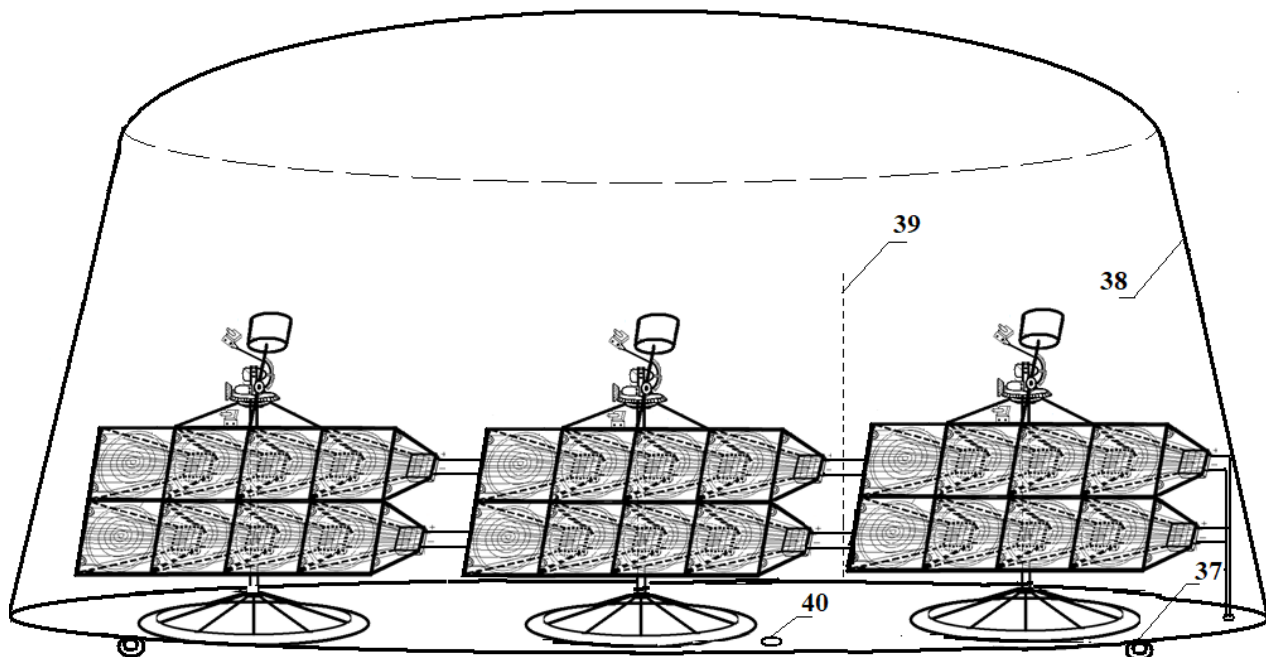


**Рисунок 7. Електрична схема панелі напівпровідникової сонячної батареї із концентратором світла, системою відслідковування напрямку сонця та захисним куполом.**

Електрична схема складається із (див. рис. 7.) напівпровідникової секції сонячної батареї 23, вимикача постійної напруги 24, конвертера змінного



струму 25, електронного блоку горизонтального обертання каркасу 26, електронного блоку вертикального обертання каркасу 27, трубок із лінзами горизонтального та вертикального напрямку сонячного проміння 28, фототранзистора 29, резистора 30, електродвигуна 31, вимикача 32, акумулятора 33, зубчастої передачі 34, корпусу блоку горизонтального обертання каркасу 35, корпусу блоку вертикального обертання каркасу 36, провудин кріплення куполу 37, (див. рис.8.) захисного прозорого куполу 38, герметичної застібки-блискавки входу у купол 39, отвіру подачі повітря 40.



**Рисунок 8. Схема розташування у захисному куполі панелей напівпровідникової сонячної батареї із концентратором світла, системою відслідковування напрямку сонця.**

Панель напівпровідникової сонячної батареї із концентратором світла, системою відслідковування напрямку сонця та захисним куполом дозволяє підвищити коефіцієнт корисної дії кожного елемента сонячної батареї, підвищити ефективність сонячної енергетики, підвищувати напругу та потужність панелі і може застосовуватись у системах із відслідковування положення Сонця на небосхилі, які розташовуються площадках та дахах приміщень із пласким дахом.

#### **Висновки.**

В результаті конструкторських досліджень було запропоновано конструкцію, яка підвищує коефіцієнт корисної дії (ККД) у напівпровідникових сонячних батареях за рахунок використання концентраторів світла і системи відслідковування напрямку сонця, що і обумовлює шляхи подальшого підвищення ККД напівпровідникових сонячних батарей.

#### **Література**

1. Борщев В. Н. Высокоэффективная космическая концентраторная батарея солнечная на плоских фоклинах / В. Н. Борщев, А. М. Листратенко, Н. И.



Слипченко, Н. В. Герасименко, Е. С. Глушко // Радиотехника. - 2014. - Вып. 177. - С. 86-93. - Режим доступа: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/rvmnts\\_2014\\_177\\_14](http://nbuv.gov.ua/UJRN/rvmnts_2014_177_14).

2. <https://findpatent.ru/patent/261/2615041.html> - Патент на корисну модель

3. <https://findpatent.ru/patent/240/2403510.html> - Патент на корисну модель

4. <https://findpatent.ru/patent/245/2456645.html> - Патент на корисну модель

5. <https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/1764908/> - Патент на корисну модель

6. <https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/1743440/> - Патент на корисну модель

7. <https://sis.ukrpatent.org/uk/search/detail/1733063/> - Патент на корисну модель

8. <https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/1743455/> - Патент на корисну модель

**Abstract.** *This article considers the issue of solving the problem of increasing the efficiency of semiconductor solar cells used as power generators.*

*Based on the analysis of the design developments of semiconductor solar cells using light concentrators, it was found that the most effective is the use of Fresnel lenses.*

*As a result of design research, a design was proposed that increases the efficiency of semiconductor solar cells due to the use of light concentrators and a system for tracking the direction of the sun, which determines ways to further increase the efficiency of semiconductor solar cells.*

**Key words:** *solar battery, light concentrator, Fresnel lens, solar energy.*