

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Аннотация: Объектом исследования является солнечный элемент на основе пленок аморфного и микрокристаллического кремния.

Цель работы – повышение эффективности фотоэлектрических преобразователей для солнечной энергетики.

Задачей будет построение основных характеристик солнечного элемента, разработка экспериментальной модели, подбор материалов и устройств модели, а также теоретический расчет параметров этих материалов и предоставление практических результатов.

Ключевые слова: солнечный элемент, концентраторы солнечного излучения, фотоэлектрический преобразователь, солнечное излучение, коэффициент полезного действия.

Annotation: The object of the research is based on the solar amorphous and a microcrystalline silicon film element.

Purpose - to increase the efficiency of photovoltaic cells for solar energy. The objective is to build the basic characteristics of the solar cell, the development of an experimental model, selection of materials and models of devices, as well as a theoretical calculation of parameters of these materials and the provision of practical results.

***Key words:** solar cells, solar radiation concentrators, photoelectric converters, solar radiation efficiency.*

1. Введение

Объектом исследования является солнечный элемент на основе пленок аморфного и микрокристаллического кремния. Такие солнечные элементы в отличие от классических кремниевых солнечных элементов, обладают значительными преимуществами, обусловленными использованием низкотемпературных процессов, большой площадью солнечных модулей и малым расходом материала. Однако существуют и недостатки, в первую очередь связанные с относительно низкой эффективностью и наличием деградации параметров фотоэлектрических преобразователей (ФЭП) в процессе эксплуатации. [1]

Задачей будет разработка экспериментальной модели, способствующей к увеличению эффективности, подбор материалов и устройств модели, а также теоритический расчет параметров этих материалов и предоставление практических результатов.

2. Разработка экспериментальной модели

Мы предлагаем модернизировать солнечный элемент с помощью следующих устройств:

1. Солнечный трекер
2. Концентраторы
3. Рассеивающая пластина
4. Система охлаждения

На рисунке 1 представлена экспериментальная модель СЭ без использования вентилятора и трекера.

- 1- Солнечный элемент
- 2- Концентраторы
- 3- Рассеивающая пластина

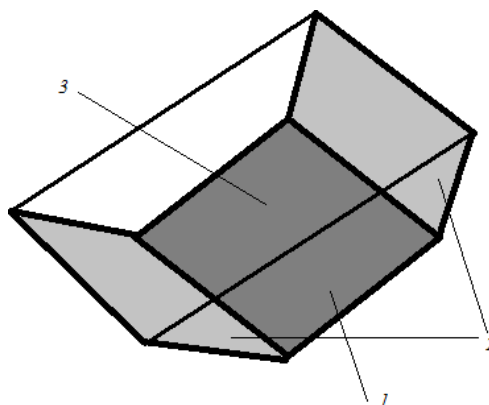


Рисунок 1. Модель СЭ

Солнечный трекер позволяет увеличить отдачу солнечных панелей за счет того, что солнечные панели будут обращены к солнцу в течение всего дня. Концентраторы позволят собирать солнечное излучение с большей площади. Рассеивающая пластина способствует увеличению падающего солнечного потока, также пластина будет незначительно выполнять функцию теплоотвода, тем самым уменьшая тепловую зависимость самого элемента. Вентилятор также будет выполнять функцию теплоотвода.

3. Расчет параметров концентратора

Выбор материала для концентратора

В данной работе мы рассматриваем несколько материалов подходящих под роль концентраторов:

- Тонкая отражающая пленка с нанесенным алюминиевым покрытием
- Фольга алюминиевая
- Пластина с нанесенным кремнием

Главным критерием отбора материала является отражающая способность. Измерим спектр отражения каждого из материалов с помощью установки, схема которой представлена на рисунке 2 и построим их.

Средние значения коэффициента отражения света от пленок:

- Пленка 80 %
- Фольга 60 % и Пластина с Si 85 %

Фольга в роли концентратора не годиться в виду низкого значения коэффициента отражения. Пленка чуть уступает пластине с Si, но с экономической составляющей превосходит. Сделаем вывод, что в роли концентратора лучше использовать пленку.



Рисунок 2. Схема установки для измерения спектров отражения.

4. Расчет угла наклона и ширины концентраторов

Эффективность также зависит от угла поворота и ширины самой пленки. На практике было выявлено, что с увеличением ширины пленки увеличивается угол наклона. Лучшим решением было взять ширину пленки соизмеримую с шириной СЭ. Так наш макет не будет иметь больших размеров, что является тоже важным фактором.

Рассчитаем оптимальный угол наклона пленки.

DE – солнечный элемент DO – пленка

угол ODF – угол наклона пленки BO – ход солнечных лучей

угол BOC – угол падения солнечных лучей на пленку

Т.к. ширина СЭ и пленки равны, т.е. $DE = DO$, следовательно,

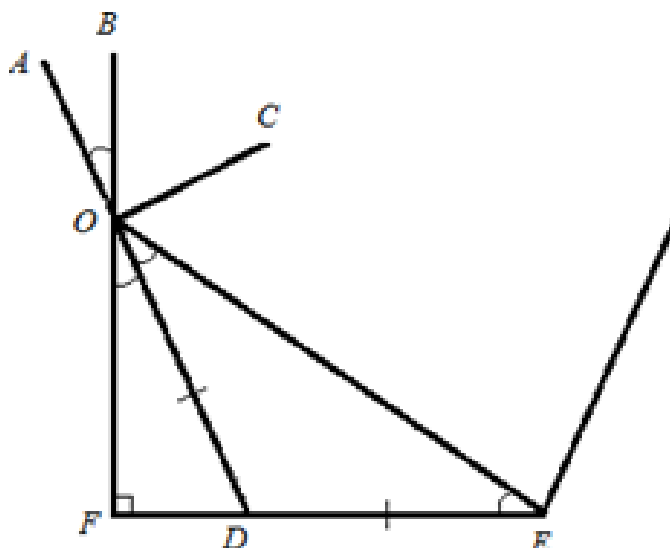


Рисунок 3.Схема для расчета угла наклона концентратора

углы DOE и OED равны. Но угол DOE равен углу AOB , т.к. $\perp AD$, а углы BOC и COE равны, т.к. являются падающим и отраженным соответственно. Также углы AOB и FOD равны как вертикальные. Отсюда угол FOD равен углу DOE и OED . Обозначив угол ODF , в нашем случае угол наклона, x , получим что, угол $FOD = DOE = OED = 90^\circ - x$. С другой стороны, угол $OED = 90^\circ - 2x$, т.к. угол $ODE = 180^\circ - x$, и по теореме суммы углов в треугольнике. Получим выражение $90^\circ - x = 2x - 90^\circ$. Отсюда $x = 60^\circ$, значит и угол наклона тоже.

Исследуем зависимость наклона концентраторов на выходное напряжение. Ниже представлена таблица, отображающая результаты этой зависимости.

Таблица 1. Зависимость угла наклона концентратора от выходного напряжения.

U _{вых} , В	11,74	11,77	11,8	11,78	11,75
α , град	55	60	65	70	75

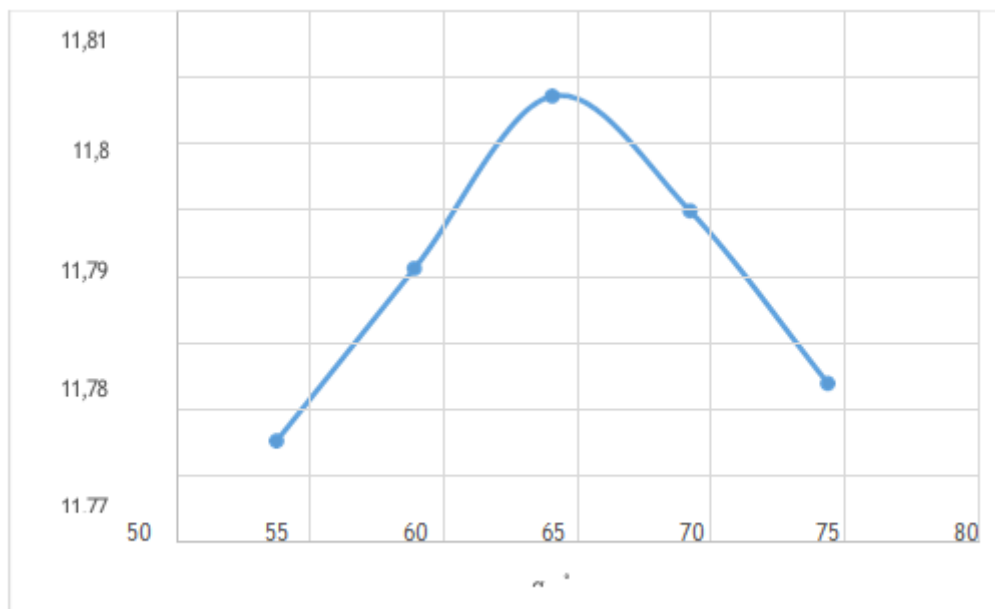


Рисунок 4. Зависимость выходного напряжения от угла наклона

На практике оптимальный угол наклона концентратора равен 65° , что свидетельствует о правильном расчете.

5. Исследование рассеивающей пластины

Исследуем влияние рассеивающей пластины на выходное напряжение солнечного элемента. Рассмотрим три случая расположения пластины:

1. Пластина вплотную к солнечному элементу.

Проведем измерения и занесем полученные результаты в таблицу.

Таблица 2. Температурная характеристика

T, °C	23	24	25	26	27	28	29	30
U, В	11,72	11,67	11,62	11,58	11,54	11,48	11,43	11,38

Воспользуемся формулой

$$\alpha = \frac{U(T_2) - U(T_1)}{U(T_1)} * 100\%$$

для расчета доли падения напряжения на градус Цельсия. Представим полученные результаты в табличном виде.

Таблица 3. Результаты расчета доли падения напряжения на °С.

α , %	0,43	0,43	0,34	0,35	0,52	0,44	0,44
--------------	------	------	------	------	------	------	------

Среднее падение напряжения на градус равно 0,42 %.

б. При использовании с зазором под концентраторы.

Проделаем ту же операцию, что в случае №1.

Таблица 4. Температурная характеристика

T, C	23	24	25	26	27	28	29	30
U, В	11,3	11,3	11,2	11,2	11,1	11,1	11,0	11

Таблица 5. Результаты расчета доли падения напряжения на °С.

α , %	0,53	0,44	0,44	0,45	0,54	0,54	0,45
--------------	------	------	------	------	------	------	------

Среднее падение напряжения на градус равно 0,48 %

Ухудшение связано с тем, что с увеличением расстояния уменьшается количество фотонов, попадающих на сам СЭ. Улучшения можно добиться поставив концентраторы и предположительно увеличив их угол наклона.

На рисунок 5. показан солнечный элемент с расположенной пластиной с зазором под концентраторы.

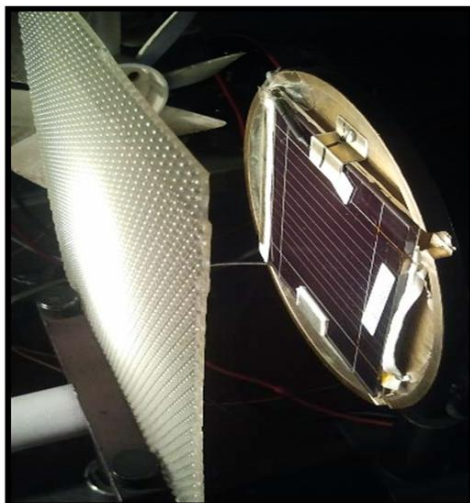


Рисунок 5. Пластина с зазором под концентраторы.

7. При использовании концентраторов пластины.

Таблица 6. Температурная характеристик

T, °C	23	24	25	26
U, В	11,52	11,48	11,43	11,39

Таблица 7. Результаты расчета доли падения напряжения на °C.

α , %	0,35	0,44	0,35
--------------	------	------	------

Среднее падение напряжения на градус равно 0,38 %.

6. Применение охлаждающей системы

Роль вентилятора заключается в предотвращении нагревания солнечного элемента. Ниже представлены временные характеристики, отображающие температуру самого солнечного элемента в течении определенного времени.

Таблица 8. С использованием вентилятора.

t, мин	0	5	10	17	25
T, C°	22	25	27	28	28

Таблица 9. Без использования вентилятора.

t, мин	0	5	10	15	20	25
T, C	22	26	30	34	37	40

Перенесем полученные измерения в графическую форму.

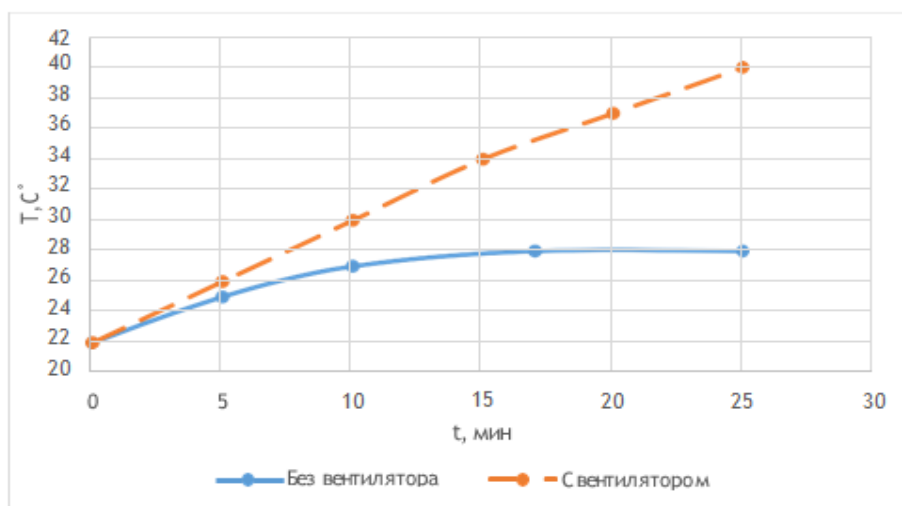


Рисунок 6. Временные характеристики СЭ

Как видно из графика при использовании вентилятора происходит стабилизация температуры.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе были исследованы методы повышения эффективности солнечного элемента. Нами была представлена модель солнечного элемента, позволяющая увеличить эффективность преобразования солнечного излучения.

Было выявлено, что наилучшим материалом для концентраторов является тонкая пленка с нанесенным алюминием. Отражающая способность этой пленки составила 80%. Был рассчитан оптимальный угол наклона концентраторов, равный 60°, и это значение получилось реализовать на практике.

Рассеивающая пластина способствовала увеличению падающего потока, а также оказала положительное влияние на температурную зависимость солнечного элемента. Вентилятор препятствовал сильному нагреву солнечного элемента.

На основании полученных значений и эффектов можно внедрять данные технологии в производственную часть. Идеальной установкой будет являться солнечная панель, помещенная на трекер с концентраторами и нанесенным на солнечный элемент рассеивающую пленку.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Андреев М.В., Д.В., А.В. Фотоэлектрическое преобразование концентрированного солнечного излучения. Наука, 1989. 132 с.
2. Афанасьев В.П. Тонкопленочные солнечные элементы на основе кремния. 2-е изд-е изд. Изд-во СПбГЭТУ, 2011. 22-23 с.
3. Виссарионов В.И. Солнечная энергетика. Издательский дом МЭИ, 2008. 35 с.
4. Boxwell M. Solar Electricity Handbook: A Simple, Practical Guide to Solar Energy - Designing and Installing Solar Photovoltaic Systems. 2019 Edition-е изд. internet linked, 2019. 17 с.