

## ЭНЕРГЕТИКА

### ОБЗОРНЫЙ АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ВИДОВ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И ВЫЯВЛЕНИЕ ПУТЕЙ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИХ РАБОТЫ И ПРИМЕНЕНИЯ

*Жураева Зухра Исламовна*

*ассистент кафедры «Альтернативные источники энергии»,  
 Ташкентский государственный технический университет им. И. Каримова,  
 Республика Узбекистан, г. Ташкент  
 E-mail: [zuxra\\_199@mail.ru](mailto:zuxra_199@mail.ru)*

### OVERVIEW ANALYSIS OF THE MAIN TYPES OF SOLAR CELLS AND REVEALING WAYS TO IMPROVE THE EFFICIENCY AND USE OF SOLAR CELLS

*Zukhra Juraeva*

*assistant department, Alternative energy sources of TSTU named I. Karimov,  
 Uzbekistan, Tashkent*

#### АННОТАЦИЯ

В данной статье рассмотрены основные виды солнечных панелей по используемым полупроводниковым материалам, проведен их обзорный анализ КПД.

#### ABSTRACT

This article describes the main types of existing and new solar panels on the used semiconductor materials, Their review analysis of efficiency.

**Ключевые слова:** солнечные элементы, фотоэлектрические преобразователи.

**Keywords:** solar cells, photoelectric convertors.

В связи с увеличивающимися темпами роста научно-технического прогресса в мире возрастает потребность в обеспечении энергией. Это приобретает особую актуальность, поскольку традиционные источники энергии в виде углеводородных запасов ограничены, более того, при их сжигании для выработки энергии наносится вред экологии из-за загрязнения окружающей среды. Использование нетрадиционных и возобновляемых источников энергии (НВИЭ) является перспективным решением проблемы энергообеспечения. К числу НВИЭ относится солнечная энергия, ветряная энергия, энергия биогазов и биомасс, геотермальная энергия. Подобные виды энергии являются экологически чистыми и безвредными.

К настоящему времени в мире проведено множество исследований в области использования нетрадиционных и возобновляемых источников энергии. Благодаря созданию различных конструкций солнечных элементов (СЭ) солнечное излучение с помощью фотоэлектрических элементов преобразуется в электрическую энергию. Соединение нескольких фотоэлектрических элементов вместе образует фотоэлектрический модуль (ФЭМ) или солнечные панели

(СП). Для получения большой мощности несколько ФЭМ соединяется в фотоэлектрические батареи [7].

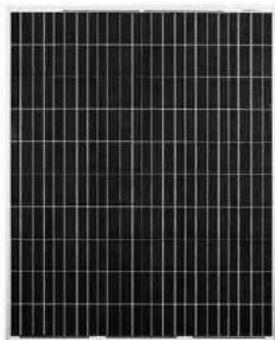
В течение ряда лет разработано множество конструкций СЭ, которые описываются по следующим параметрам: эффективность (КПД),  $ff$  (фактор заполнения) и вольт-амперные характеристики (ВАХ) –  $U_{oc}$  (напряжения холостого хода),  $I_{sc}$  (ток короткого замыкания),  $J_{sc}$  (плотность тока короткого замыкания). Эффективность (КПД) СЭ показывает процент преобразования солнечного излучения в электричество. Фактор заполнения показывает, какая часть мощности, вырабатываемой солнечным элементом, используется в нагрузке.  $U_{oc}$  (напряжения холостого хода) – это максимальное напряжение, возникающее на разомкнутых выводах солнечного элемента, измерение в В и мВ.  $I_{sc}$  (ток короткого замыкания) – это максимальный ток, протекающий через выводы СЭ при их коротком замыкании, измерение в мА.  $J_{sc}$  (плотность тока короткого замыкания) определяется отношением  $I_{sc}$ -тока короткого замыкания к  $S$ -площади СЭ. Фактор заполнения  $ff$  показывает, какая часть мощности, вырабатываемой СЭ, используется в нагрузке[4].

В солнечных элементах (СЭ) применяются полупроводниковые материалы на кремниевой основе.

Химическое обозначение кремния – Si, на земле широко распространен в виде песка, который является диоксидом кремния SiO<sub>2</sub>. Благодаря физико-химическим свойствам кремний нашел большое применение также в промышленной и бытовой электронике.

В течение ряда лет разработано множество типов солнечных элементов на основе кремния. В настоящее время широко используются следующие типы фотоэлектрических преобразователей (ФЭП), изготовленных из различных полупроводниковых материалов.

**ФЭП из поликристаллических фотоэлектрических элементов** (рис.1) наиболее распространены ввиду оптимального соотношения цены и КПД среди всех разновидностей панелей, КПД которых составляет 12-14%. Такие панели имеют синий цвет и кристаллическую структуру.



*Рисунок 1. Поликристаллический ФЭП*

**ФЭП из монокристаллических фотоэлектрических элементов** (рис.2) более эффективны, а по цене более дорогие в пересчете на ватт мощности. КПД таких панелей составляет 14-16%.



*Рисунок 2. Монокристаллический ФЭП*

В связи с тем, что монокристаллические элементы имеют форму многоугольников, всю площадь трудно рационально использовать. Из-за этого удельная мощность солнечной батареи оказывается несколько ниже, чем удельная мощность отдельного ее элемента.

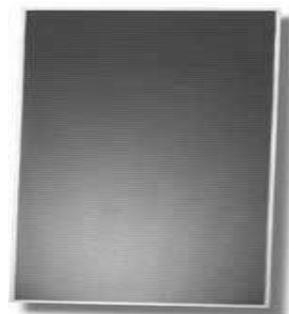
**ФЭП из аморфного кремния** (рис.3) имеют низкий КПД, в пределах 6-8%. Несмотря на это, среди всех кремниевых технологий фотоэлектрических

преобразователей такие солнечные батареи вырабатывают самую дешевую электроэнергию.



*Рисунок 3. ФЭП на основе аморфного кремния*

**ФЭП из теллурида кадмия (CdTe)** (рис.4), которые изготавливаются по тонкопленочной технологии. Полупроводниковый слой наносят тонким слоем в несколько сотен микрометров. Эффективность элементов из CdTe невысокая, КПД около 11%. По сравнению с кремниевыми панелями стоимость ватта мощности получается на несколько десятков процентов дешевле.



*Рисунок 4. ФЭП на основе теллурида кадмия*

**ФЭП на основе CIGS.** (рис.5.) CIGS – это полупроводник, состоящий из меди, индия, галлия и селена. Такие солнечные батареи тоже выполнены по пленочной технологии. По сравнению с панелями из теллурида кадмия обладают более высокой эффективностью, КПД доходит до 15%.



*Рисунок 5. ФЭП на основе CIGS*

Рассмотренные выше фотоэлектрические панели проходили испытания при стандартных условиях тестирования (Standard Test Conditions) STC, при интенсивности солнечного излучения 1000 Вт/кв. м и

рабочей температуре панели 25° С в лабораторных условиях. В реальных условиях работы параметры ФЭП будут отличаться от тестовых. Большинство производителей ФЭБ указывают параметры батарей в условиях (Normal Operating Cell Temperature) NOCT, при температуре работы модуля 40-45 градусов и освещенности 800 Вт/м<sup>2</sup>. В реальных условиях работы солнечной батареи освещенность может быть и выше 1000 Вт/м<sup>2</sup>, а температура ниже 45° С. Кроме вышеуказанных условий стандартного тестирования панелей также применяются PV-USA Test Conditions (PTC), Standard Test Conditions (STC), Low Irradiance Conditions (LIC), High Temperature Conditions (HTC) and Low Temperature Conditions (LTC) [2; 6]. Данные условия тестирования не отражают действительную мощность, производительность и эффективность фотоэлектрических батарей. Реальные условия эксплуатации ФЭП в различных регионах разнятся, например, в европейских странах температура не такая высокая, как в регионах Азии. В частности, в климатических условиях Узбекистана преобладают преимущественно сухие и жаркие погодные условия. С ростом рабочей температуры каждый тип солнечной панели ведет себя по-разному. Так, у кремниевых элементов номинальная мощность падает с каждым градусом превышения номинальной температуры на 0,43-0,47%, солнечные элементы из теллурида кадмия теряют всего 0,25% [5].

Для решения вопроса перегрева солнечных панелей в течение ряда лет были разработаны комбинированные конструкции для воздушного, водяного охлаждения, отвода тепла из панелей, с принудительным охлаждением, комбинированные конструкции [3; 8].

#### Список литературы:

1. Всемирный банк поддерживает развитие возобновляемых источников энергии в Узбекистане // Uzdaily.uz [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.uzdaily.uz/articles-id-35230.htm> (дата обращения: 11.10.2018).
2. Жураева З.И., Шогучкаров С.К., Жумабоев Б.К. Анализ основных показателей различных конструкций фотоэлектрических батарей при эксплуатации в условиях жаркого климата // Мат-лы науч.-практ. конф. «Современные проблемы физики полупроводников и развития возобновляемых источников энергии» (20-21 апреля 2018 г., Андижан). – Андижан, 2018. – С. 220-223.
3. Исследование возможностей увеличения эффективностей фотоэлектрических установок с системой воздушного охлаждения / М.Н. Турсунов и др. // Мат-лы междунар. науч.-практ. конф. «Проблемы повышения эффективности использования электрической энергии в отраслях агропромышленного комплекса». – Ташкент: ТИИМСХ, 2015. – С. 416-418.
4. Ледицкая Л. Глава 3. Обзор основных типов солнечных элементов на основе полупроводниковых материалов [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.docplayer.ru/user/30859086/> (дата обращения: 11.10.2018).
5. Норкин А. Типы и особенности солнечных батарей для индивидуальной энергетической установки // FacePla.net [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.facepla.net/the-news/energy-news-mnu/2158-home-solar.html> (дата обращения: 11.10.2018).
6. Тонкопленочные фотоэлектрические модули из аморфного кремния // Ваш солнечный дом [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.solarhome.ru/pv/modules/asi.htm> (дата обращения: 11.10.2018).
7. Усков А.Е., Гиркин А.С., Дауров А.В. Солнечная энергетика: состояние и перспективы // Научный журнал КубГАУ. – 2014. – № 98 (04). – С. 1-6.
8. Юлдошев И.А. Повышение эффективности фотоэлектрической батареи принудительным охлаждением // Проблемы энергоресурсосбережения. – Ташкент, 2015. – № 3. – С. 122-127.

В связи с массовым освоением технологии производства в промышленном масштабе широко используются кристаллические кремниевые ФЭП. Разработаны также многослойные, многопереходные, каскадные, тонкопленочные конструкции солнечных элементов с применением новых материалов и технологий производства. К примеру, тонкопленочные солнечные панели на основе аморфного кремния лучше работают при повышении температуры, гибкие для создания солнечных модулей, однако КПД в 2 раза ниже (6-8%), чем у кристаллических.

В мировой энергетике долю использования ВИЭ планируется увеличивать с каждым годом. В частности, в рамках стратегии действий по пяти приоритетным направлениям развития Узбекистана в 2017-2021 гг. Всемирный банк поддерживает усилия правительства, направленные на увеличение доли возобновляемой энергии (ВЭ) в структуре энергетики страны с 12,7% в 2016 г. до 19,7% к 2025 г. [1]. Практическое применение всех разработок последних лет нужно оценивать с точки зрения стоимости конструкции, технологии производства, условий эксплуатации, параметров эффективности, характеристики производительности, а также по ряду подобных показателей. Целесообразно будет проведение натуральных испытаний каждого типа ФЭП в реальных условиях эксплуатации и поиск рекомендуемых для них параметров использования. Для увеличения доли использования солнечных панелей в энергетической отрасли требуется решение многопараметрической задачи и проведение исследований по оптимизации конструкций.