

УДК 620.97 +621.31

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ В АВТОНОМНЫХ СИСТЕМАХ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ**

*С.А. Малюгин*

В статье рассматриваются методы повышения эффективности использования солнечной энергии в автономных системах энергоснабжения. Был проведён анализ мирового энергопотребления и выделена актуальность применения солнечной энергетики в сельском хозяйстве. Рассмотрены принципы преобразования солнечной энергии в электрическую при помощи фотоэлектрических преобразователей (ФЭП). Проведён анализ влияния ширины запрещенной зоны ФЭП на преобразование солнечной энергии в электрическую и на его основе были рассмотрены основные методы повышения эффективности преобразования за счёт спектрального разделения светового потока.

Ключевые слова: фотоэлектрический преобразователь (ФЭП), солнечная энергия, солнечный элемент, солнечный модуль.

Солнечная энергия – возобновляемый и неисчерпаемый источник энергии, который используется для получения как тепловой, так и электрической энергии.

Использование солнечной энергии в разных сферах деятельности человека увеличивается год от года. Бурное развитие отрасли началось в середине 2000-х годов и было вызвано, главным образом, политикой развитых стран по снижению зависимости от углеродного сырья в электроэнергетике и стремлением достичь целей по сокращению выбросов парниковых газов. В частности, Евросоюз поставил задачу довести выработку электроэнергии за счёт возобновляемых источников энергии до 30 % от общего потребления энергии. Так, в 2012 г. мировая установленная мощность солнечных фотоэлектрических станций составила 110,1 ГВт – это менее 2 % суммарного показателя по всей электроэнергетике мира (данная доля увеличилась с 0,2 % в 2007). Основной прирост мощностей фотоэлектрических станций пришёлся на последние 5 лет, когда их объём вырос в 10 раз (рис. 1) [9].

В тройку мировых лидеров в производстве фотоэлектрических модулей входит Япония – 45,3 %, Европа – 28,3 %, США – 8,5 % и Китай – 8,3 %. Для России в тройку лидеров входит Краснодарский край – 39,7 %, Москва и Московская область – 35,7 %, Рязанская область – 24,6 % [5, 8].

По государственной программе Российской Федерации «Энергоэффективность и развитие энергетики» от 3 апреля 2013 года № 512-р должно быть достигнуто снижение энергоёмкости ВВП в 2020 году на 13,5 % к 2007 году.

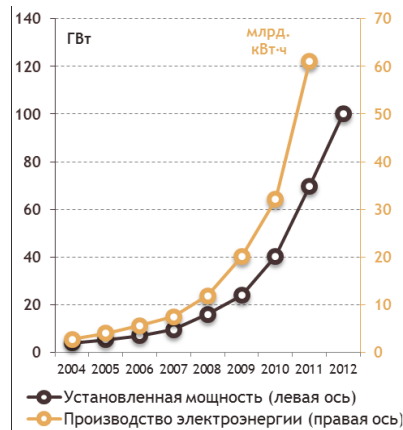


Рис. 1. Развитие фотоэлектрической отрасли в мире

Применительно к сельскому хозяйству солнечная энергетика может быть использована для сушки сена, подогрева воды, создания более эффективных теплиц, для обеспечения энергией отдалённых от линий электропередач жилых домов сооружений и оборудования и т.д. В связи с обязательным использованием мероприятий по энергоснабжению во всех областях роль ВИЭ будет возрастать.

Солнечная энергия преобразуется в энергию электрическую с помощью солнечных фотоэлектрических элементов, действие которых основано на явлении фотоэффекта. Солнечные элементы (СЭ) или фотоэлементы, служат для пространственного преобразования зарядов и создания ЭДС в полупроводниковом переходе [7].

Мощность одного солнечного элемента составляет в среднем 0,7–0,75 Вт. Для получения большей мощности СЭ соединяют между собой последовательно. Так образуются солнечные модули (СМ), которые далее могут собираться в солнечную батарею [7].

Выработка электрической энергии солнечной батареи зависит от ряда условий:

- интенсивности солнечного излучения;
- температуры окружающей среды;
- спектральной характеристики источника света;
- типа фотопреобразователя и т.д.

Вырабатываемая солнечной батареей энергия прямо зависит от интенсивности солнечного излучения, от угла падения солнечных лучей на плоскость, прозрачности атмосферы и т.д. [3]. Максимальная выработка энергии будет достигнута, если угол падения солнечных лучей на плоскость модуля будет равен  $90^\circ$ . Для повышения эффективности использования солнечных лучей, применяют устройства слежения за движением солнца.

Основным материалом используемым для солнечных батарей, получаемых промышленным способом является кремний (Si). КПД фотоэлемента зависит от наличия примесей в кремнии, так для:

- монокристаллического (КПД – 15 %);
- поликристаллического (КПД – (10–12) %);
- аморфного ((5–7) %).

Монокристаллические солнечные батареи применяются в основном для искусственных спутников Земли. В сельском хозяйстве возможно применение поликристаллических и аморфных модулей, КПД которых ещё меньше. Поэтому перед учёными и разработчиками стоит задача повышения КПД преобразования солнечной энергии, поскольку известно, что повышение КПД на 1 % ведёт к значительному увеличению производства энергии. Известно, что в лабораторных условиях было получено значение КПД 44,7 %.

Из зонной теории твёрдого тела известно что, полупроводники имеют зону проводимости и валентную зону, отделяемых друг от друга запрещенной зоной  $W_g$  (рис. 2).

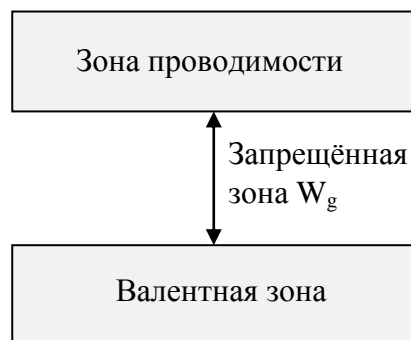


Рис. 2. Иллюстрация запрещённой зоны в полупроводнике

В зависимости от ширины запрещённой зоны, материалы проводников подразделяются на прозрачные и непрозрачные (чувствительные и нечувствительные), для определённых спектров частот электромагнитного излучения.

Граница прозрачности и непрозрачности зависит от типа материала полупроводника. В табл. 1 приведены данные для некоторых полупроводников [1].

Солнечный элемент, подвергающиеся воздействию монохроматического света, при преобразовании излучения в электрическую энергию теоретически могут иметь эффективность, близкую к 100%. Однако, на практике СЭ облучаются широкополосным излучением, которое представляет собой поток фотонов с различной энергией. В этом случае эффективность преобразования ограничивается за счёт двух основных механизмов:

1. Фотоны, энергия которых меньше, чем ширина запрещённой зоны, не способны создать электронно-дырочную пару. Они могут пройти насквозь через материал или, провоздействовав с ним, преобразоваться в тепло.

2. Фотоны, энергия которых больше, чем ширина запрещённой зоны, создают электроны и дырки с энергией, превышающей среднюю тепловую энергию этих носителей заряда. Избыток энергии рассеивается в тепло.

Таблица 1

Зависимость нижнего порога чувствительности полупроводников от запрещённой зоны

Материал	Длина волны $\lambda$ , нм	Запрещённая зона $W_g$ , эВ	Область, в которой происходит изменение прозрачности материала
Серое олово ( $\alpha$ -Sn)	15500	0,08	Дальняя ИК-область
Германий (Ge)	1850	0,67	Инфракрасный диапазон
Кремний (Si)	1130	1,10	Инфракрасный диапазон
Арсенид галлия (GaAs)	920	1,35	Близкая к ИК
Фосфид галлия (GaP)	555	2,24	Видимый свет
Алмаз (C)	230	5,40	Ультрафиолетовое излучение

Таким образом, только часть энергии фотона полезна для преобразования солнечной энергии в электрическую.

Одним из методов повышения КПД солнечной батареи является использование селективного спектрального разделения светового пучка всего частотного диапазона солнечного излучения [1]. Для селективного спектрального разделения применяются:

1. Каскадные фотоэлементы. Суть метода заключается в использовании фотопреобразователей с различной шириной запрещённой зоны, соединённых каскадно друг относительно друга.

2. Фильтрующие элементы. К таким элементам можно отнести интерференционные фильтры и элементы, содержащие раствор сульфата кобальта.

Интерференционные фильтры состоят из ряда слоёв материалов с различными преломляющими способностями. При некоторых частотах потоки отражённого излучения могут складываться, проходя через фильтр, а при других – вычитаться, оставаясь для фильтра непрозрачными.

Сульфат кобальта поглощает часть энергии до того, как часть энергии попадёт на находящиеся под ним кремневые диоды, превращая поглощённую энергию в тепло.

3. Голографические концентраторы (рис. 3). Солнечный свет концентрируется и направляется на голографическую пластину, с помощью которой раскладывается по спектру в виде радуги.

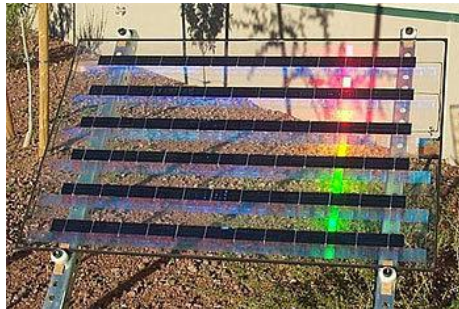


Рис. 3. Общий вид голографического солнечного модуля

4. Люминесцентные концентраторы (ЛСК). В ЛСК молекулы красителей в матрице поглощают падающее излучение и эмитируют свет с большей длиной волны. Значительная часть эмитированного света в результате полного внутреннего отражения улавливается в ЛСК и направляется к торцам концентратора, где преобразуется установленными там фотопреобразователями в электричество. Таким образом, ЛСК обеспечивают концентрацию света с одновременной люминесцентной трансформацией солнечного излучения в спектральный интервал максимальной чувствительности ФЭП. Большой плюс ЛСК заключается в том, что они работают без точной ориентации на Солнце и стоимость их изготовления относительно мала (рис. 4) [6].

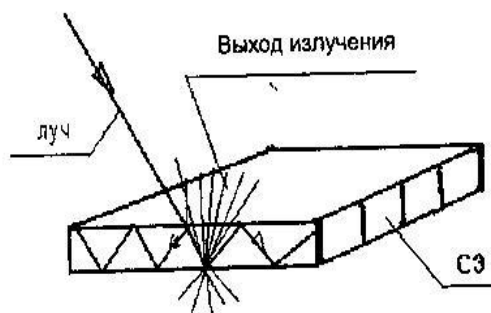


Рис. 4. Схема работы люминесцентных солнечных концентраторов

Таким образом, способ селективного разделения спектра солнечного излучения, является перспективным и экологически чистым, т.к. существующий на сегодняшний день метод повышения КПД солнечных элементов путём очистки кремния от примесей основан на хлорной технологии, загрязняющей окружающую среду.

Задачей данной работы является исследование возможности повышения эффективности преобразования солнечной энергии в электрическую, в установках сельскохозяйственного назначения с использованием селективного разделения спектра.

### Библиографический список

1. А. да Роза Возобновляемые источники энергии. Физико-технические основы: учебное пособие / А. да Роза; пер. с англ. под ред. С.П. Малышенко, О.С. Попеля. – Долгопрудный: Издательский дом «Интеллект»; М.: Издательский дом МЭИ, 2010. – 704 с.
2. Сибикин, Ю.Д. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии / Ю.Д. Сибикин, М.Ю. Сибикин. – 2-е изд., стер. – М.: КНОРУС, 2012. – 240 с.
3. Саплин, Л.А. Энергоснабжение сельскохозяйственных потребителей с использованием возобновляемых источников: учебное пособие / под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. Л.А. Саплина; Л.А. Саплин, С.К. Шерьязов, О.С. Пташкина-Гирина, Ю.П. Ильин. – Челябинск: ЧГАУ, 2000. – 194 с.
4. Goldschmidt, J.C. Efficiency enhancement of fluorescent concentrators with photonic structures and material combinations / J.C. Goldschmidt, M. Peters, F. Dimroth. – 2008.
5. Каргиев, В.М. Рынок фотоэлектрических модулей / В.М. Каргиев // Возобновляемая энергия. – 2006. – № 2.
6. УДК 621.384.3:621.3.049.77.001.72. Конструктивно-технологические решения концентраторных люминесцентных солнечных модулей на гибких алюминий-полиимидных платах.
7. Кирпичникова, И.М. Возобновляемые источники энергии / И.М. Кирпичникова, Е.В. Соломин. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2009. – 50 с.
8. Центры по производству ФЭП и солнечных модулей в России. Исследовательская компания «Abercade».
9. Аналитический центр при правительстве Российской Федерации. Информационная справка: «Развитие солнечных технологий в мире». – Октябрь 2013. – URL: <http://ac.gov.ru/files/publication/a/896.pdf/>.

[К содержанию](#)