

Набор «ФОТОВОЛЬТАИКА» –
Собери свою солнечную панель



ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Введение.....	3
2. Указания по безопасности.....	3
3. Принцип работы солнечной панели на основе эффекта Гретцеля.....	4
4. Состав и технические характеристики набора.....	9
5. Подготовка к работе и работа с набором.....	12
5.1. Действия при распаковывании набора.....	12
5.2. Сборка из деталей набора действующей модели ячейки солнечной панели.....	12
6. Транспортирование и хранение	15

1. ВВЕДЕНИЕ

С помощью набора «Фотовольтаика» – Собери свою солнечную панель (далее – набор) Пользователь может самостоятельно собирать из отдельных сборочных частей и материалов действующий макет солнечной панели, работающей по принципу фотоэлектрохимических ячеек Гретцеля – новой альтернативной технологии создания источников энергии, преобразующих энергию солнечного света в электрическую на основе процессов, близких к протекающим в природе (фотосинтез), за что данная технология по праву может называться «бионической», т.е. природной. Пользователь ознакомится с принципиальным устройством и спецификой работы сенсibilизированной красителем (так называемой «фотосенсибильной») ячейки Гретцеля, а также соберёт её своими руками и сможет определить её количественные и качественные характеристики.

Принятые сокращения:

ВИЭ – возобновляемые источники энергии

КПД – коэффициент полезного действия

СП – солнечная панель

2. УКАЗАНИЯ ПО БЕЗОПАСНОСТИ

В этом разделе Вы найдёте информацию по безопасному обращению с оборудованием набора.

Обязательно изучите настоящее руководство и ознакомьтесь с устройством набора перед началом работ.

Общая информация по безопасности

- Нагревательная плитка питается от бытовой электрической сети 50 Гц, 230 В. Всегда проверяйте исправность кабеля питания плитки и его изоляции перед подключением к сети.
- При работе с плиткой проявляйте повышенную аккуратность, чтобы не получить ожогов при случайном прикосновении к её разогретой поверхности.
- Не используйте и не храните набор в помещениях, где присутствуют пары кислот, щелочей и других химически агрессивных веществ.
- Помещение, в котором проводятся работы с набором, должно быть хорошо вентилируемо.
- Работы с набором должны проводиться под наблюдением квалифицированного персонала.
- К работе с набором допускаются лица, изучившие настоящее руководство по эксплуатации и прошедшие инструктаж по охране труда.
- Не располагайте оборудование вблизи открытых источников огня.

3. ПРИНЦИП РАБОТЫ СОЛНЕЧНОЙ ПАНЕЛИ НА ОСНОВЕ ЭФФЕКТА ГРЕТЦЕЛЯ



Источники энергии принято разделять на возобновляемые и невозобновляемые. К невозобновляемым относят те исходные природные ресурсы, которые добывают из земной коры и запасы которых ограничены: уголь, нефть, газ, в том числе ядерное топливо. К возобновляемым источникам энергии относят условно неограниченные ресурсы: силу ветра (ветрогенераторы), геотермальную и приливную энергетику, биотопливо из отходов, энергию солнечного света (солнечная энергетика).

XX век был триумфом интенсивного использования невозобновляемых источников энергии. Но уже в XX веке проявилась серьёзная тенденция, которая приобретает сейчас определяющее значение – постепенный, но неуклонный переход к выработке электроэнергии на основе ВИЭ.

Помимо ограниченности ресурсов невозобновляемых источников энергии, следует иметь в виду неэкологичность технологий и производства на их основе. При сжигании угля, нефти, газа выделяется значительное количество углекислого газа и других вредных примесей, загрязняющих атмосферу. А ведь природные ископаемые ресурсы представляют всё возрастающую ценность для производства большого числа полезных продуктов с высокой добавочной стоимостью: пластмассы, искусственные волокна, синтетический каучук, лаки, краски, парфюмерные и лекарственные средства, стройматериалы, минеральные удобрения и другие продукты переработки угля, нефти и газа. Таким образом, необходим переход на более экологичные возобновляемые источники энергии, и можно ожидать, что основную роль в данном переходе будет играть именно солнечная энергетика и фотовольтаические устройства. В обозримом будущем солнечная энергия фактически неиссякаема, и именно на ней основана вся биологическая жизнь нашей планеты, т.к. растительный фотосинтез является материальным истоком основных биологических процессов существования биосферы Земли.

Солнечная энергетика, а в ней фотовольтаика (т.е. получение электроэнергии из энергии солнечных лучей) претерпевает особенно бурное развитие с начала XXI века, когда вопросы экологии и сокращения вредных выбросов приобретают приоритетное значение, причём в ней лишь в конце XX века обозначилось совершенно новое направление, которое наиболее близко по экологичности к природным процессам и сейчас активно развивается. Именно практическому примеру воплощения данного стратегического направления развития фотовольтаики посвящён данный набор. А для начала проведём небольшой сравнительный анализ теоретических основ «традиционной» фотовольтаики и перспективной фотовольтаики на основе ячейки Гретцеля.

Принцип работы фотоэлементов, из которых состоит «традиционная» солнечная батарея, основан на **фотогальваническом эффекте**, который заключается в преобразовании лучистой энергии солнца в электричество с помощью специальных полупроводников.

Т.к. процесс получения электрической энергии в СП происходит прямо из энергии солнечного излучения, без промежуточных термодинамических переходов (вращение турбины, двигателя и т.п., как в традиционных электромеханических генераторах), то он относится к **прямому преобразованию энергии**.

На рисунке 1 приведена принципиальная схема фотоэлемента на *p-n-переходе*.

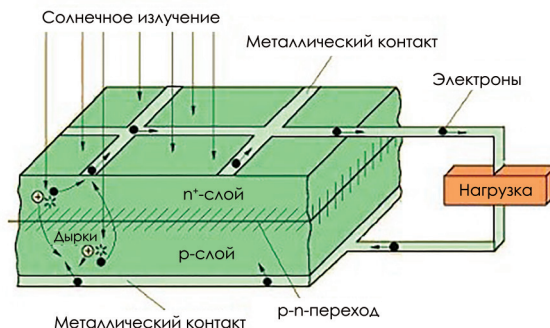


Рисунок 1 – Принципиальная схема фотоэлемента на *p-n-переходе*.

Фотоэлемент на основе полупроводников состоит из двух очень тонких слоев (чтобы слои были проницаемы для фотонов, толщиной обычно порядка 200 мкм) с разным типом проводимости, совместно образующих так называемый ***p-n-переход***. К слоям с разных сторон присоединены токопроводящие контакты, которые используются для подключения к внешней цепи. Роль катода играет слой с *n*-проводимостью (применяется материал с избытком валентных электронов, т.е. с электронной проводимостью), роль анода – *p*-слой (материал с дырочной проводимостью; «дырка» – это положительно заряженный атом, который потерял электрон, соответственно, перескакивание электронов с «дырки» на «дырку» создает условное «движение» дырок, хотя в пространстве сами «дырки» конечно не двигаются).

Бомбардирующие поверхность фотоэлемента **фотоны**, воздействуя на *p-n-переход* и прилегающие к нему области (отдавая свою энергию), вызывают генерацию пар носителей заряда – электронов и «дырок». Возникшие в *n*- и *p*-областях электроны и «дырки» диффундируют к переходу и попадают под действие внутреннего электрического поля, имеющегося в *p-n-переходе*. Это поле разделяет электроны и «дырки».

Для неосновных носителей, например, для электронов, возникших в *p*-области, поле перехода является ускоряющим и перебрасывает электроны в *n*-область. Аналогично дырки перебрасываются полем из *n*-области в *p*-область. А для основных носителей, например, «дырок» в *p*-области, поле перехода является тормозящим, и эти носители остаются в своей области, т.е. «дырки» остаются в *p*-области, а электроны – в *n*-области.

В результате такого процесса в *n*- и *p*-областях накапливаются избыточные основные носители, т.е. создаются, соответственно, заряды электронов и «дырок» и возникает разность потенциалов, которую называют фото-ЭДС.

Описывая фотоэффект своими словами: «излишние» электроны под воздействием солнечного света «выбиваются» из одного слоя и собираются в другом, при этом собственный потенциал разделяющего слои *p-n-перехода* препятствует обратному движению электронов. Это заставляет свободные электроны постоянно двигаться в одном направлении, создавая

определённую разность потенциалов на контактах фотоэлемента или вырабатывая электричество, которое можно использовать напрямую в подключённой нагрузке или накапливать в аккумуляторе.

Величина потенциала, достигаемая на одном фотоэлементе на основе кремния, составляет около 0,5 В. А сила тока, который может генерировать солнечный элемент, изменяется пропорционально площади и количеству захваченных поверхностью фотоэлемента фотонов. Для получения СП с достаточным для практических целей напряжением, единичные фотоэлементы соединяют последовательно в нужном количестве (обычно несколько десятков элементов), а для получения нужной мощности развивают общую поверхность СП. Таким образом комбинируя соединения, можно добиться требуемых параметров по току и напряжению, а следовательно, и по мощности. Кроме того, последовательно или параллельно можно соединять не только фотоэлементы в рамках одной солнечной батареи, но и солнечные батареи в целом.

С начала промышленного выпуска фотоэлементов в середине XX века и до настоящего времени самый распространённый элемент для использования в фотоэлементах СП – это кремний (с соответствующими легирующими добавками для придания *p*- и *n*-проводимости или покрытиями). Кремний – чрезвычайно распространённый элемент в земной коре. Большим плюсом кремния также является то, что для кремниевого фотоэлемента максимум спектральной характеристики (т.е. эффективность) почти соответствует максимуму спектрального распределения энергии солнечного света.

Но есть у кремния (и солнечных батарей на его основе в целом) и существенные минусы. Например, в промышленном использовании кремния для фотоэлементов есть одна большая проблема – его очистка. Чем меньше в кремнии посторонних примесей, тем качественнее получается фотоэлемент. Процесс очистки кремния очень трудоёмкий и затратный (в том числе энергозатратный), что приводит к существенному увеличению стоимости фотоэлементов. Сейчас ведется поиск аналогов, которые бы не уступали кремнию по КПД. Перспективными считаются соединения меди-индия-селена, галлия, теллурида кадмия, а также органические (полимерные) фотоэлементы. Однако, в промышленных масштабах сейчас выпускаются и широко доступны для потребителей пока что только панели из фотоэлементов на основе кремния.

Фотоэлектрическая ячейка Гретцеля или солнечная батарея на органическом красителе

В 1991 году в журнале «Nature» была опубликована прорывная работа швейцарского учёного Михаэля Гретцеля о новом типе солнечных ячеек на основе мезопористых (с наноразмерными порами) оксидных полупроводников, покрытых органическим красителем. Эти ячейки прославили имя профессора и получили название «ячейки Гретцеля». Разработанные им фотоэлементы ячейки, названные его именем и являющиеся альтернативой традиционным кремниевым СП, – используют принцип, похожий на органический фотосинтез: поглощение квантов света молекулами органического красителя при их облучении солнечным светом и протекание окислительно-восстановительных реакций.

На рисунке 2 схематично приведено устройство ячейки Гретцеля.

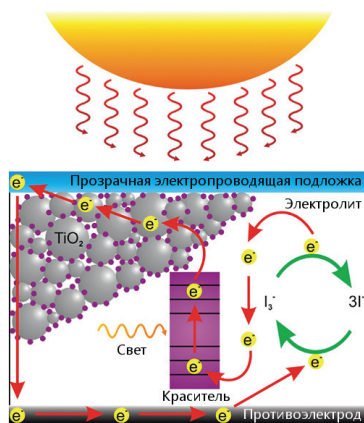


Рисунок 2 – Принципиальная схема фотоэлектрической ячейки Гретцеля.

Конструктивно простейшая ячейка Гретцеля состоит из пластинки оптически прозрачного стекла с токоприёмниками и электропроводящим покрытием, на которую нанесён слой из высокопористого диоксида титана, являющегося полупроводником. Поры диоксида титана пропитаны специальным органическим красителем, выделяющим электроны под воздействием солнечного света. Пластина, на которую нанесён диоксид титана – это анод ячейки. Катодом ячейки является противоположный электрод, который обычно называют противозлектродом – это токопроводящая подложка другой пластины, на которую в прототипе ячейки был нанесён платиновый подслой – катализатор. Между электродами – токопроводящий электролит (в первоначальном варианте – трийодит I_3 в жидкой форме).

Принцип работы такого фотоэлемента следующий. Свет проходит через прозрачную подложку и поглощается фотоактивным красителем с высвобождением свободных электронов. Далее эти электроны диффундируют через слой полупроводника к прозрачному проводящему электроду (токоприёмнику) за счет градиента концентрации. Электролит замыкает электрическую цепь и позволяет подходить электронам от катода с платиновым покрытием к полупроводнику, где происходит рекомбинация электронов и «дырок».

Таким образом, при достижении порогового значения количества выделяемых электронов образуется электрический ток, который течёт от верхнего слоя ячейки к нижнему (рисунок 2).

Ячейка Гретцеля принципиально отличается от классических фотобатарей на основе кремния. В ячейке Гретцеля полупроводник диоксид титана выполняет исключительно роль среды, в которой происходит транспорт (диффузия) фотоэлектронов, генерируемых фотовозбуждённым красителем. В кремниевых фотоэлементах полупроводник кремний выполняет двойную функцию – генерирует фотоэлектроны и является средой для транспорта

электронов. В ячейке Гретцеля краситель, выступая в роли фотосенсибилизатора (т.е. вещества с увеличенной чувствительностью к воздействию света), играет главенствующую, доминирующую роль, а остальные компоненты – анод из диоксида титана, электролит, катод – играют вспомогательную роль. Работа такой ячейки часто сравнивается с фотосинтезом, поскольку оба процесса используют пигменты и окислительно-восстановительную реакцию, протекающую в электролите.

Фотоэлементы, в которых используются красители в качестве фотосенсибилизаторов, получили сокращённое англоязычное обозначение DSSC (Dye-Sensitized Solar Cell). Такой тип фотоэлементов на основе красителей (пигментов) природного происхождения имеет достоинства и недостатки по сравнению с традиционными солнечными батареями на основе неорганических полупроводников, из которых наиболее используемые в настоящее время – кремниевые.

К основным достоинствам солнечных батарей на красителях следует отнести их лёгкость, принципиальную возможность создавать гибкие конструкции, простоту производства, низкую цену при использовании доступных и недорогих компонентов и веществ, широкий выбор цвета, способность работать при невысокой освещённости и даже внутри помещения.

Недостатки DSSC: недостаточная долговечность, относительно невысокий на настоящее время КПД (в районе 10%), экзотичность химического строения красителей. Последний недостаток компенсируется использованием природных красителей.

Объединив несколько ячеек в одну систему, можно создать на их основе полноценную солнечную батарею. Её прототип впервые был продемонстрирован ещё в 1994 году изобретателем Михаилом Гретцелем.

Пока ещё рано говорить о безусловном успехе в освоении технологий изготовления не только дешёвых, но и высокоэффективных, долговечных ячеек Гретцеля с параметрами, не уступающими «традиционной» солнечной фотовольтаике, здесь ещё предстоит немало работы учёным и практикам. Теоретически, в улучшенном варианте, ячейка Гретцеля сможет стать основным источником энергии для солнечных районов планеты, благодаря её максимальной экологичности и близости к природе.

4. СОСТАВ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НАБОРА

Детали и оборудование набора размещены в нескольких отсеках вкладышей упаковочного кейса. Для удобства последующей работы расположите элементы набора на рабочем столе рядом с выделенным местом для сборки.

ВНИМАНИЕ! Перед началом работ с набором обязательно очистите рабочее место от грязи, пыли, стружки и прочего мусора.

Помните, что мелкие посторонние предметы, по неаккуратности сборщика попавшие между собираемыми элементами солнечной панели, могут ухудшить эффективность процесса преобразования энергии.



Рисунок 3 – Общий вид вкладышей упаковки набора
с размещёнными в отсеках комплектующими

В состав набора входит:

1. Стёкла с односторонним прозрачным токопроводящим покрытием (40 шт.), которые служат несущей основой для формирования на их токопроводящей поверхностях плёнок рабочих материалов и коммутации солнечной панели.
2. Клей токопроводящий графитовый в пластиковой прозрачной пробирке 1,5 мл (тёмного цвета). Используется для обеспечения улучшенного электропроводящего контакта при сборке солнечной панели и примерно имитирует применяемые промышленные способы обеспечения многофункционального контакта в солнечной панели Гретцеля, выполняя следующие функции:
 - служит положительным электродом при подсоединении ячейки в электрическую цепь,
 - является катализатором, который способствует транспорту электронов и реакции восстановления окисленного красителя (пигмента) за счёт электронов окисленной редокс-пары,
 - способствует повышению эффективности ячейки, работая как зеркало и отражая не поглощённый свет обратно в ячейку, когда в солнечной панели добиваются тончайших оптически прозрачных слоёв рабочих веществ.
3. Клей токопроводящий серебряный в пластиковой прозрачной пробирке 1,5 мл (серебристого цвета). Аналогично используется для обеспечения улучшенного электропроводящего контакта при сборке солнечной панели.
4. Йод (раствор), флакон 10 мл. В собранной солнечной ячейке играет роль электролита – переносчика электронов.
5. Ёмкость с деионизированной водой, 100 мл (3 шт.). Вода применяется для получения пасты на основе оксида титана TiO_2 .
6. Ёмкость с порошком TiO_2 (пищевая добавка E171), 100 мл (2 шт.). Оксид титана с полупроводниковыми свойствами в структуре солнечной ячейки выполняет роль среды, в которой происходит транспорт (диффузия) фотоэлектронов, но не их генерация.
7. Бутыл с этиловым спиртом медицинским, 125 мл. Спирт применяется для предварительной очистки и обезжиривания рабочих поверхностей несущих стекол, т.к. загрязнённые поверхности могут существенно ухудшить адгезию наносимых на пластины веществ.
8. Гибискус сабдарифф, содержащий цианин глюкозида (более известный под названием каркаде – высушенные цветки суданской розы), упаковка 200 г. Фактически ключевой элемент солнечной панели данного типа, исходный продукт для получения одного из многих видов природного красителя (пигмента) с повышенной чувствительностью к воздействию света. Именно в красителе генерируются фотовозбуждённые электроны (подобно природному процессу фотосинтеза).
9. Плитка электрическая.
10. Лампа диодная с контролируемым спектром поможет измерить характеристики собранного макета солнечной панели на трёх разных спектральных режимах освещения.

11. Мультиметр с набором щупов и термопарой.
12. Стандартные щупы к мультиметру типа «игла».
13. Термопара к мультиметру с диапазоном измеряемых температур до 700 °С.
14. Щупы к мультиметру типа «крокодил».
15. Пирометр. В дополнение к термопаре мультиметра поможет бесконтактно контролировать температуру поверхности плитки при проведении процедур сушки стёкол с нанесёнными рабочими веществами.
16. Химический стеклянный стакан (2 шт.). Применяется для подготовки наносимого на несущее стекло полупроводникового состава.
17. Зажимы канцелярские. Применяются в качестве простого, быстросъёмного крепежа собранных солнечных панелей.
18. Шпатель-ложка пластиковый (4 шт.).
19. Набор пинцетов (2 шт.). Пинцет позволит класть и брать стёкла с плиты во избежание ожогов.
20. Деревянные палочки (зубочистки) (40 шт.). Помогут распределить по поверхности и выравнивать наносимые на стекло рабочие слои.
21. Пипетка Пастера (20 шт.). Применяется для дозированного набора рабочего раствора с природным пигментом.
22. Салфетки безворсовые (1 упаковка). Для протирки стёкол.
23. Маркер перманентный тонкий. Для нанесения метки на стекло.
24. Линейка.
25. Скотч тонкий.
26. Ножницы.
27. Перчатки резиновые (20 пар). Все работы со стёклами настоятельно рекомендуется выполнять в чистых перчатках, чтобы никакие посторонние загрязнения (включая следы жира с рук) не попадали на рабочие поверхности солнечных панелей.
28. Пакеты zip-lock (10 шт.). Помогут разместить исходные или подготовленные стёкла солнечных панелей для защиты от загрязнений и прямого контакта с рабочими поверхностями.
29. Наклейки на ёмкости с названиями веществ.

Набор предназначен для работы при температуре окружающего воздуха от плюс 15 °С до плюс 40 °С.

5. ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ И РАБОТА С НАБОРОМ

5.1. Действия при распаковывании набора

При распаковывании набора следуйте следующему порядку:

- Осмотрите упаковочную коробку, проверить её целостность, отсутствие следов механических повреждений;
- Сверьте комплектацию набора с паспортом и осмотрите её на предмет наличия механических повреждений. В случае обнаружения повреждений следует связаться с предприятием-изготовителем.

5.2. Сборка из деталей набора действующей модели ячейки солнечной панели

Пошаговая рабочая инструкция

1. Наденьте перчатки.
2. Возьмите два стекла с токопроводящим покрытием и тщательно протрите их с обеих сторон безворсовыми салфетками, смоченными в этиловом спирте, для очистки и обезжиривания поверхностей с целью лучшего сцепления с наносимыми на них рабочими веществами. Для этой же цели все работы надо проводить в чистых перчатках.
3. При помощи мультиметра определите токопроводящую сторону каждого стекла. Для этого в режиме измерения сопротивления касайтесь щупами поверхности стекла в двух разных местах. Сторона стекла без нанесённого токопроводящего покрытия везде покажет обрыв цепи. Пометьте маркером НЕ проводящую сторону любым удобным знаком, например, меткой «С».
4. На обоих стеклах наклейте с любого края токопроводящей стороны (вдоль кромки стекла) одну полоску скотча (в составе набора шириной 10 мм). По окончании сборки эта сторона будет использована для подсоединения клемм для проведения электрических измерений.
5. Налейте в лабораторный стакан 5–10 мл деионизированной (дистиллированной) воды, добавляйте в стакан небольшими порциями шпателем-ложкой диоксид титана, при постоянном перемешивании смеси, до получения консистенции сметаны. Смесь не должна быть слишком густой или слишком жидкой, в противном случае нанесённое впоследствии покрытие может растрескаться во время нагревания (капля смеси должна медленно растекаться).
6. Нанесите небольшое количество смеси диоксида титана на токопроводящую поверхность одного из стекол и распределите её равномерным тонким слоем по всей поверхности (для нанесения слоя можно воспользоваться шпателем и палочками). Постарайтесь добиться по возможности тонкого (порядка 1 мм), но сплошного и как можно более равномерного по толщине слоя диоксида титана. Использовать всё количество приготовленной смеси нет необходимости. Расход смеси определяется количеством, необходимым для выполнения поставленной задачи.
7. Удалите скотч и положите стекло аккуратно на плитку слоем диоксида титана вверх, включите плитку, отрегулируйте температуру в диапазоне 350–450 °С (для плитки набора это соответ-

ствуется выставленному регулятору нагрева примерно между 1 и 2), оставьте на 30 минут отжигаться. При нагревании поверхность диоксида титана должна поменять цвет в следующей последовательности: светло-коричневая, бежевая, коричневая или желтоватая, а затем снова белая. При данной процедуре при выпаривании воды будет постепенно формироваться необходимая микропористая структура оксид-титанового полупроводника.

Примечание. Температуру плитки рядом с расположенным на ней стеклом можно контролировать с помощью термопары мультиметра (аккуратно придерживая королек термопары в контакте с плиткой около стекла) или бесконтактно при помощи пирометра.

8. Пока одно стекло отжигается на плитке, на токопроводящую сторону второго стекла нанесите токопроводящий клей. Клей можно взять любой по выбору: или с графитовым, или с серебряным наполнителем. Для этого возьмите выбранную пробирку с клеем и интенсивно взболтайте для перемешивания компонентов клея. Если клей подсох, его можно развести несколькими (в зависимости от степени засыхания клея) каплями этилового спирта. Откройте пробирку и дополнительно перемешайте клей деревянной палочкой до получения однородной консистенции. Нанесите клей на токопроводящую сторону тонким слоем. Выберите самостоятельно способ нанесения слоя клея, но обращайтесь с ним, чтобы он был нормальной консистенции – не слишком жидкий, чтобы свободно стекать с пластины и не слишком густой, чтобы образовывать не расходящиеся поверхностные неровности. Нормально приготовленный клей сам образует тонкий и достаточно ровный слой. После обработки поверхности удалите с данного стекла скотч (можете вывести дорожку токопроводящего клея на заклеенную ранее скотчем область для обеспечения лучшего контакта. Стоит отметить, что это необязательно делать, так как контакт будет обеспечен и без вышеописанного вывода). Оставьте стекло со слоем клея примерно на 30 минут для просушки при комнатной температуре.
9. Возьмите примерно 1 чайную ложку с верхом лепестков гибискуса и залейте их подогретым кипятком (достаточно примерно 30 мл кипятка), дайте настояться 10 минут до интенсивного выделения в раствор пигмента. Для заварки также лучше использовать дистиллированную воду, при её недостатке допускается применить чистую водопроводную воду.
10. По прошествии 30 минут отжига стекла со слоем оксида титана, не снимая его с плитки, понизьте температуру плитки до 120-130°C (для плитки набора это соответствует выставленному регулятору нагрева примерно между 0 и 1). При регулировках нагрева плитки контролируйте температуру плитки с помощью термопары и пирометра. Когда температура понизится до указанного диапазона, наберите в пипетку Пастера настоявшийся раствор гибискуса и аккуратно, по каплям нанесите жидкость на всю поверхность диоксида титана, дождитесь высыхания (примерно 30 секунд), повторите процедуру несколько раз (2-4 раза). Дайте остыть образцу, отключив плитку, и снимите стекло с плитки (можно воспользоваться пинцетами).
11. Совместите поверхность стекла с проводящим клеем с поверхностью другого стекла с диоксидом титана так, чтобы покрытия касались друг друга (при этом расположите стекло

с диоксидом титана снизу, а второе стекло наложите сверху), но немного сдвиньте стекло, оставляя с противоположных сторон свободные края (те, что в начале мы отделяли скотчем, чтобы они остались чистыми) для крепления клемм («крокодилов»). Полученную конструкцию скрепите по бокам двумя канцелярскими зажимами.

12. Наберите в чистую пипетку несколько капель раствора йода (потребуется совсем немного – 2-3 капли), снимите зажим со стекол только с одной стороны, капните йод между пластинами, т.е. между слоем проводящего клея и слоем диоксида титана, снова скрепите конструкцию зажимом.
13. На мультиметре замените стандартные щупы на щупы-крокодилы. Подсоедините черный провод мультиметра к стеклу с покрытием из диоксида титана. Эта пластина является анодом солнечной ячейки (электрод «-» для солнечной ячейки). Подсоедините красный провод мультиметра к стеклу с токопроводящим клеевым покрытием. Эта пластина является катодом солнечной ячейки (электрод «+»).
14. Выберите на мультиметре в режиме вольтметра диапазон измерения 200 мВ. Запишите пороговое значение напряжения (без прямого воздействия близкого источника света).
15. Включите светодиодную лампу набора и поднесите её к собранной солнечной ячейке – к той её стороне, на которую нанесён диоксид титана. Варьируя расстояние до лампы и интенсивность света лампы (средний, стандартный, яркий), с соответствующими цветовыми температурами свечения (3000/4500/6500 К), можно проводить измерения выходных электрических параметров солнечной ячейки.

В данной работе рассмотрена сборка единичной ячейки солнечной панели или «солнечной батареи», по аналогии с принятым названием традиционных и всеупотребимых солнечных батарей, хотя использующих и другой рабочий принцип, но также преобразующих энергию света в электричество. Используемая для выработки энергии солнечная батарея всегда состоит из множества ячеек. При этом рабочее напряжение, которое можно снять с одной ячейки, достаточно низкое (обычно существенно ниже 1 В даже для промышленно выпускаемых ячеек), и для получения нужного для обычного потребителя напряжения необходимое количество ячеек в батарее соединяют последовательно. Величина тока определяется площадью эффективной облучаемой светом поверхности. Поэтому для увеличения общего тока солнечной батареи одинаковые единичные ячейки (оптимальные размеры которых определяются технологическими особенностями) соединяют параллельно.

6. ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ И ХРАНЕНИЕ

- 6.1. Транспортирование набора в транспортной упаковке и при защите от прямого воздействия атмосферных осадков допускается всеми видами транспорта с разрешенной для этого транспортного средства скоростью без ограничения расстояния и высоты по группе Ж ГОСТ 23216-78.
- 6.2. При перевозке необходимо выполнять общие требования правил перевозки грузов выбранным видом транспорта. Размещение и крепление упаковки изделия в транспортных средствах должно обеспечить её устойчивое положение, исключающее возможность переворота, падения и ударов о другие грузы и о стенки транспортных средств.
- 6.3. В процессе погрузочно-разгрузочных работ не бросайте упаковку.
- 6.4. Температурные условия транспортирования: транспортирование допускается при нижнем значении температуры 0 °С, при верхнем значении температуры плюс 50°С.
- 6.5. Хранить набор следует при температуре от 0 до плюс 40°С в упаковочном кейсе.

