

УДК 621.311.61, 621.311.62, 535.215.6

ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ НА ОСНОВЕ СОЛНЕЧНОГО ЭЛЕМЕНТА НА ДИОКСИДЕ ТИТАНА ДЛЯ АВТОНОМНЫХ СИСТЕМ СВЯЗИ

С.А. Токтогонов, Абдыбек кызы А.

Исследованы электрофизические свойства солнечных элементов на основе диоксида титана и кремния. Сделана оценка эффективности использования солнечных элементов в качестве источника питания для автономных систем связи.

Ключевые слова: фотоЭДС; фототок; источник питания; автономные системы связи.

THE POWER SUPPLY ON THE BASIS OF THE SOLAR CELL ON TITANIUM DIOXIDE FOR AUTONOMOUS COMMUNICATION SYSTEMS

S.A. Toktogonov, Abdybek kyzy A.

It is investigated the electrical properties of solar cells based on titanium dioxide and silicon. It is made the estimation of efficiency of solar cells as a power source for autonomous communication systems.

Keywords: EMF photo; photocurrent; power supply; autonomous communication system.

Развитие телекоммуникационных систем связи требует разработки автономных источников питания, которые позволят обойтись без стационарных сетей питания.

В пользу автономных источников питания говорит и то обстоятельство, что современные системы коммуникации не предполагают использование мощных источников питания, достаточно иметь относительно маломощные источники от нетрадиционных источников энергии, например, солнечной и ветровой энергии, энергии вибрации и др. Эффективность и другие рабочие характеристики беспроводных систем позволяют использовать их более широко, а не только для обеспечения энергией автономных устройств [1, 2].

Поиск альтернативной энергии, которая была бы недорогой, постоянной и экологически чистой привел исследователей к использованию фотоэлектрического эффекта – механизма для преобразования солнечной энергии в электрическую энергию или химическое топливо. В настоящее время используемые на практике фотоэлектрические ячейки в основном являются твердыми р-п контактными устройствами, такими как, например, кремниевые солнечные ячейки. Солнечные ячейки весьма дорогостоящи – это связано с высокой стоимостью добычи силикона, произ-

водства совершенных кристаллов и микротехнологией их изготовления [3].

Решением данной проблемы могут стать светочувствительные солнечные ячейки – как альтернатива существующим р-п контактными устройствам. Эти ячейки используют проводник – электролит-контакт в отличие от классического твердого контакта. Цветосенсибилизированные солнечные ячейки (ЦСЯ) состоят из нанопористой пленки с большой внутренней площадью поверхности, покрытой слоем светопоглощающей краски. Окрашенный слой преобразует фотоны, поступающие в нанопористую пленку, в заряд. ЦСЯ сравнительно недороги для производства и обеспечивают чистую и недорогую энергию. Кроме того, электрическая энергия образуется без какого-либо химического переноса компонентов в ЦСЯ, что обеспечивает долговечность ячеек. На сегодняшний день эффективность ЦСЯ составляет 7–11 % [4]. Для конкурентоспособности с обычными фотоэлектрическими ячейками ЦСЯ нужно увеличить эффективность, устойчивость и уменьшить их себестоимость. Потенциал таких устройств делает их очень перспективными для экспериментального и теоретического исследования.

В данной работе экспериментально исследовали электрофизические и фотоэлектрические свойства

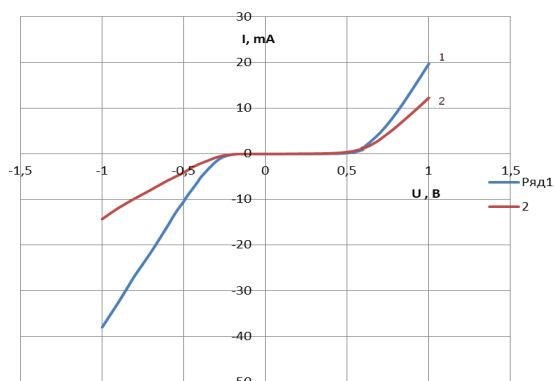


Рисунок 1 – ВАХ солнечного элемента с красителем E121 (1) и рутениевой краской (2)

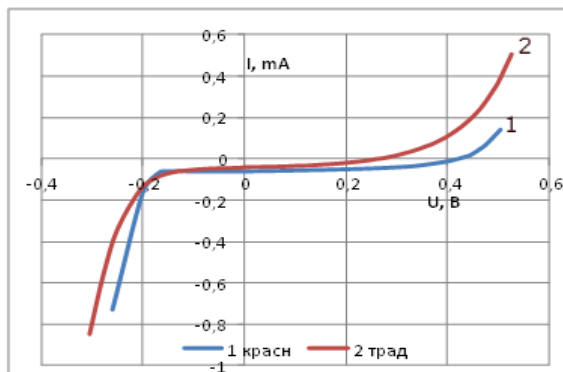


Рисунок 2 – ВАХ солнечного элемента красителем E121(1) и рутениевой краской (2) при малых значениях тока и напряжения

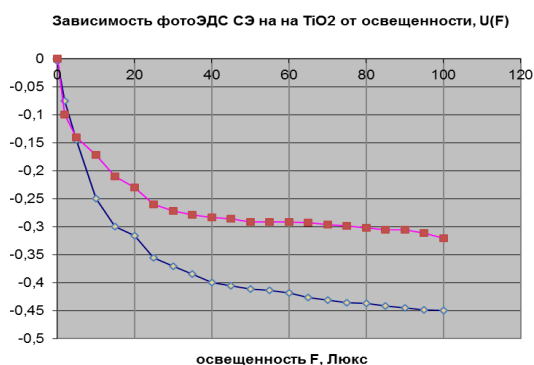


Рисунок 3 – Зависимость фотоЭДС солнечного элемента на основе диоксида титана (○) и кремния (■) от освещенности её поверхности

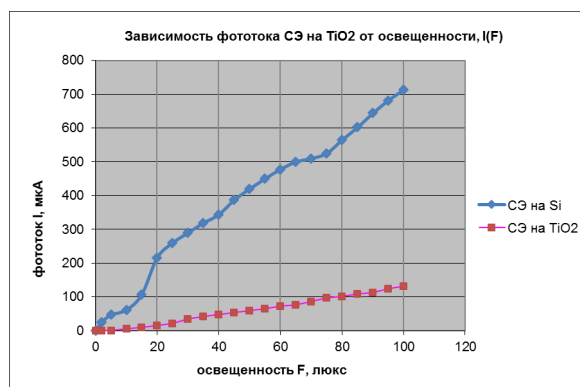


Рисунок 4 – Зависимость тока короткого замыкания $I_{кр}$ солнечного элемента на основе диоксида титана (○) и кремния (■) от освещенности её поверхности

солнечных элементов (СЭ) на основе TiO_2 и сравнивали их с традиционными солнечными элементами из кремния. Это позволило оценить возможности использования СЭ на основе TiO_2 в качестве источников питания для автономных систем связи.

Были исследованы солнечные элементы на основе TiO_2 с различными красителями: один с рутениевой краской – СЭ(Ru), и второй с красителем E121 – СЭ(E121).

На рисунках 1 и 2 представлены ВАХ для солнечного элемента на основе TiO_2 . Как видно на графике, для исследуемых СЭ прямая ветвь резко возрастает, начиная с 0,4 В, и имеет прямолинейный характер, а обратная ветвь начинается с 0,2 В. Причем крутизна ВАХ для определенного СЭ приблизительно одинакова как для прямой, так и для обратной ветви. Вероятно, это обусловлено близостью значений сопротивлений СЭ как для прямого, так и обратного

подключения. Но крутизна ВАХ СЭ с рутениевой краской меньше, чем крутизна ВАХ с красителем E121, что, вероятно, обусловлено большим значением сопротивления СЭ с рутениевой краской, чем сопротивление СЭ с красителем E121 [5].

Как видно на рисунке 2, ток равняется нулю не в начале системы координат, а сдвинут в отрицательную область напряжения и $U_0(0) \approx (0,21)$ В для СЭ(Ru) и $U_0(0) \approx (0,4)$ В – для СЭ(E121). Это связано с наличием собственного фотоЭДС и током короткого замыкания $I_{кр}$ (при $U=0$ В) СЭ при данной освещенности [5, 6]. Эти два параметра определяют потенциальные фотоэлектрические характеристики СЭ как преобразователя световой энергии в электрическую. Поэтому далее было изучено их поведение в зависимости от освещенности. Экспериментально полученная зависимость фотоЭДС солнечного элемента на основе диоксида титана от

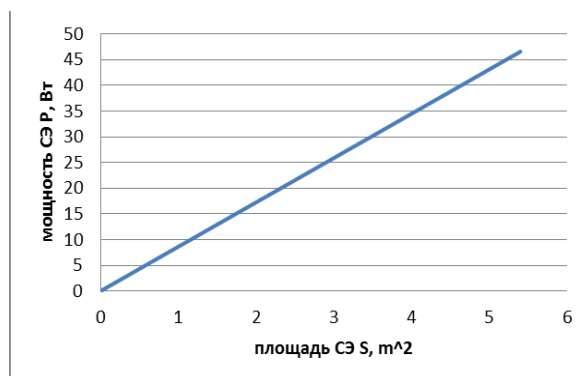


Рисунок 5 – Зависимость мощности СЭ на основе TiO_2 от площади её поверхности

освещенности $U(F)$, представлена на рисунке 3. На рисунке видно, что с увеличением освещенности при её начальных значениях (0–15 люкс) фотоЭДС резко увеличивается. Затем наблюдается уменьшение роста фотоЭДС (15–40 люкс) и дальнейшая её стабилизация (больше 40 люкс).

Данный факт может означать наличие некоторого порогового значения фотоЭДС СЭ, связанное с наличием механизма ограничения роста фотоЭДС СЭ. Аналогичное поведение наблюдается для СЭ на основе Si, но уровень сигнала на данном интервале освещенности меньше ($U_{ст}(\text{Si}) \approx -0,3 \text{ В}$), чем для СЭ на основе диоксида титана ($U_{ст}(\text{TiO}_2) \approx -0,45 \text{ В}$).

На рисунке 4 приведена зависимость тока короткого замыкания $I_{кр}$ солнечных элементов на основе диоксида титана и кремния от освещенности её поверхности. Видно, что с увеличением освещенности $I_{кр}$ растет прямолинейно в пределах ошибки измерения (12 % для $I_{кр}$ и 14 % – для F) как для СЭ на TiO_2 , так и для СЭ на основе Si. Но крутизна $I_{кр}(F)$ для кремниевых СЭ больше, чем СЭ на диоксиде титана.

Таким образом, можно видеть, что по значению напряжения насыщения солнечные элементы на основе диоксида титана имеют преимущества по сравнению с кремниевыми солнечными элементами. В то же время при одних и тех же условиях освещенности кремниевые солнечные элементы имеют большие значения тока по сравнению солнечными элементами на основе диоксида титана.

Определяющими критериями выбора являются две мощности – номинальная выходная мощность первичного источника и максимальная мощность нагрузки, причём в общем случае эти величины могут мало коррелировать друг с другом. Теоретически можно весь летний день заряжать аккумуляторы от 200-ваттной солнечной батареи, поворачивая её вслед за Солнцем и накопив 2,5 кВт·ч энергии, а ве-

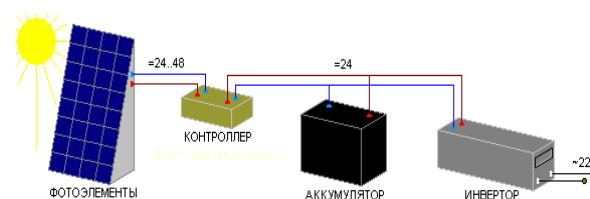


Рисунок 6 – Схема системы автономного электроснабжения на солнечных батареях

чером за полчаса потратить их на сварку, используя инвертор мощностью 5 кВт [7].

На основе экспериментальных данных была оценена зависимость мощности СЭ на основе TiO_2 от площади её поверхности (рисунок 5). Как видно на рисунке мощность, выделяемая СЭ на основе на TiO_2 , возрастает с увеличением ее площади и по ней можно делать оценки для различных солнечных модулей (СМ) с различными площадями поверхности. Так, например, при площади, равной 1 м², мощность СЭ составляет 8,6 Вт. Это означает, что данный элемент дает выходной максимальный ток, равный: $I_m = P/U_m$, где U_m – это максимальное напряжение, которое может давать СЭ и оно меньше 1 В. Тогда I_m численно равно мощности, например для площади 1 м², $I_m = 8,6 \text{ А}$, что может обеспечить функционирование электронных систем и даже бытовых приборов. Эти требования оценены для случая при прямом подключении СМ к нагрузке.

Но на практике солнечная энергия аккумулируется на специальных устройствах, таких как конденсаторы, аккумуляторы и т. п. и только затем подается на нагрузку. Фотоэлектрическая установка состоит из СЭ, объединенных в солнечные модули, инвертора напряжения, системы контроля и накопителя энергии. В качестве последнего используют аккумуляторные батареи, или действующую электрическую сеть (рисунок 6) [7].

При данных параметрах за один солнечный день СЭ на основе TiO_2 может аккумулировать энергию, равную:

$$Q = Pt = 8,6 \text{ Вт} \cdot 3600 \text{ с} \cdot 12 \text{ час} = 371520 \text{ Дж.}$$

Эту накопленную энергию можно расходовать за 12 часов темного времени суток по 30 кВт·час при пиковой нагрузке. Эти значения расходной мощности являются вполне достаточными для многих приложений СЭ в качестве автономного источника питания систем связи.

Литература

1. URL: <http://www.radiolocman.com/review/article.html?di=146896>

2. URL: <http://www.rlocman.ru/>
3. *Gratzel M.* Photochemical cells / M. Gratzel // *Nature*. 2000. № 414. P. 338–344.
4. *Goetzberger A.* Photovoltaic materials, history, status and outlook / A. Goetzberger, C. Hebling, H.-W. Schock // *Mathematical Science and Engineering: Reports*. 2003. № 40. P. 1–46.
5. *Токтогонов С.А.* Исследование характеристик солнечного элемента на основе диоксида титана / С.А. Токтогонов, Т.М. Иманалиев, Е.С. Бурова, С.Т. Кожоева, Э.М. Токторбаев // *Физика*. 2013. № 3. Бишкек. С. 36–40.
6. *Иманалиев Т.М.* Математическая модель светочувствительной солнечной ячейки в условиях неосвещенности / Т.М. Иманалиев, А.С. Сейитказиева, Е.С. Бурова // *Вестник ОшГУ. Спец. вып. Ош*, 2013. С. 142–145.
7. URL: <http://khd2.narod.ru/>