



УДК 620.91

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ МАТРИЧНЫХ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Панченко Владимир Анатольевич

кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник
Российский университет транспорта МИИТ, Москва,
Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва

Аннотация

В работе представлены результаты испытаний кремниевых матричных высоковольтных фотоэлектрических преобразователей. Рассматриваемые преобразователи имеют высокое удельное напряжение, увеличенную электрическую эффективность и возможность работы в концентрированных солнечных установках. Подобные солнечные установки позволяют получать наряду с электроэнергией и тепловую энергию на выходе, что увеличивает общую эффективность установки.

Ключевые слова: солнечная энергетика, концентратор солнечного излучения, фотоэлектрические преобразователи, высоковольтные матричные элементы, эффективность.

RESEARCH OF HIGH VOLTAGE MATRIX PHOTOELECTRIC CONVERTERS

Vladimir A. Panchenko

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Senior Researcher
Russian University of Transport, Moscow,
Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow

ABSTRACT

The paper presents the test results of silicon matrix high-voltage photoelectric converters. The considered converters have a high specific voltage, increased electrical efficiency and the ability to work in concentrated solar installations. Such solar installations can produce, along with electricity, thermal energy at the output, which increases the overall efficiency of the installation.

Keywords: solar energy, solar radiation concentrator, photoelectric converters, high-voltage matrix elements, efficiency.

Большинство современных фотоэлектрических преобразователей изготавливаются из кремния, имеют планарную структуру и позволяют получать 0,5 – 0,6 В с каждого фотоэлектрического преобразователя [1]. Матричные высоковольтные фотоэлектрические преобразователи имеют принципиально другую структуру, где множество

микроэлементов соединены последовательно и с 1 см преобразователя возможно получение 10 – 15 В (что соответствует 30 микроэлементам). Площадь контактов в таких фотоэлектрических преобразователях не превышает 2 – 3 %. На рисунке 1 представлен высоковольтный матричный фотоэлектрический преобразователь, площадь которого составляет 1 см². Герметизация высоковольтных матричных фотоэлектрических преобразователей происходит с помощью кремнийорганического двухкомпонентного полисилоксанового компаунда, который обеспечивает благоприятные условия для работы фотоэлектрических преобразователей в концентрированном солнечном потоке, а также увеличивает срок их номинальной мощности [2, 3].

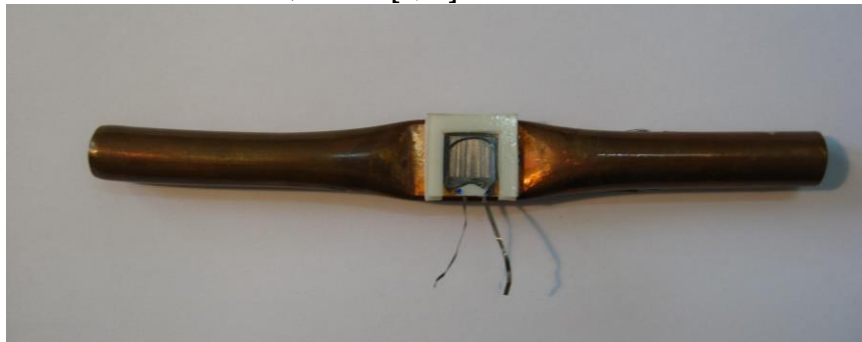


Рисунок 1. Матричный высоковольтный фотоэлектрический преобразователь, установленный на радиаторе

Вольтамперная характеристика представленного модуля представлена на рисунке 2. Ток и напряжение преобразователя указаны на рисунке, электрическая эффективность фотоэлектрического преобразователя составила около 16 %, что больше электрической эффективности стандартных планарных фотоэлектрических преобразователей, выпускаемых серийно (около 15 %).

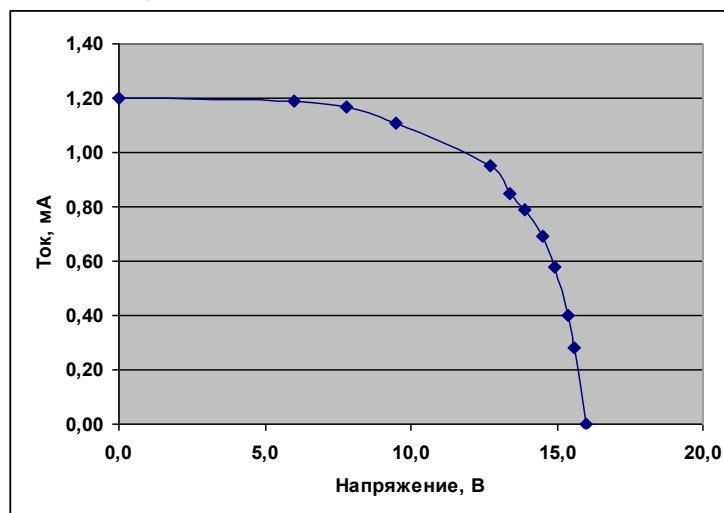


Рисунок 2. Вольтамперная характеристика высоковольтного матричного фотоэлектрического преобразователя

При установке фотоэлектрического преобразователя в фокус параболического концентратора солнечного излучения его эффективность увеличилась до 19 %, а электрическая мощность до 0,9 Вт (площадь фотоэлектрического преобразователя 1 см²). При использовании матричных высоковольтных фотоэлектрических преобразователей рост эффективности происходит за счёт пропорционального увеличения тока соответственно уровню концентрации солнечного излучения. Однако большое значение необходимо уделять точности проектирования и изготовления концентраторов для

подобных систем [4 – 7], так как значительные погрешности вносят сильное падение электрической эффективности солнечного модуля.

На рисунке 3 представлен высоковольтный матричный фотоэлектрический преобразователь площадью 6 см^2 , который установлен на радиаторе воздушного охлаждения.

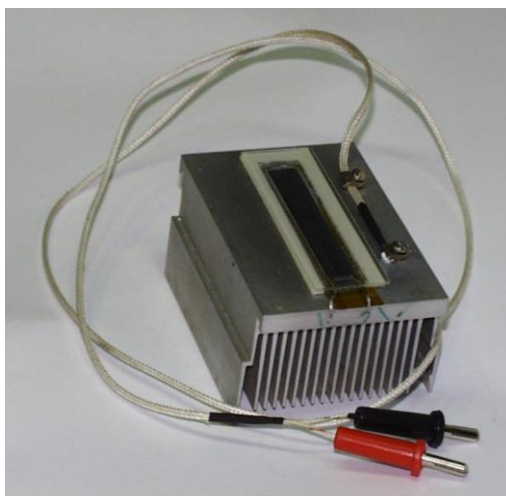


Рисунок 3. Матричный высоковольтный фотоэлектрический преобразователь площадью 6 см^2 с радиатором воздушного охлаждения

При испытаниях представленного фотоэлектрического преобразователя с засветкой равной около 100 Солнц (100 кВт), эффективность преобразователя составила около 25 %. Высокая эффективность сохраняется и при более высоких уровнях концентрированного излучения. При концентрации около 500 крат мощность рассматриваемого матричного фотоэлектрического преобразователя будет равняться мощности стандартного 60-ти ваттного планарного солнечного модуля при стандартных условиях. Площадь же планарного фотоэлектрического модуля с соответствующей мощностью составит около $0,4 \text{ м}^2$.

При концентрации солнечного излучения около 52 крат на площадь матричного высоковольтного фотоэлектрического преобразователя площадью $0,04 \text{ м}^2$ ток короткого замыкания составляет $0,34 \text{ А}$, напряжение холостого хода около 1600 В , а мощность $0,4 \text{ кВт}$ при эффективности преобразования более 20 %.

Измерения характеристик матричных высоковольтных фотоэлектрических преобразователей для определения электрической эффективности при различных уровнях освещённости проводились при интенсивности излучения от 5 Вт/см^2 до 25 Вт/см^2 (250 кратная концентрация солнечного излучения). Максимальные значения электрической эффективности получены при концентрации солнечного излучения 50 крат (таблица 1 и рисунок 4). В таблице 1 представлены характеристики высоковольтного матричного фотоэлектрического преобразователя площадью 3 см^2 при различной степени концентрации излучения засветки.

Таблица 1.
Характеристики матричного высоковольтного фотоэлектрического преобразователя площадью 3 см²

Концентрация, крат	Электр. эфф-сть, %	Ток кор. зам., мА	Напр. хол. хода, В	Электр. мощность, Вт	Коэфф-т заплн. вольтамп. хар-тики
51	28	233,7	24,4	4,3	0,75
99	25,2	415,9	24,4	7,5	0,74
142	24,4	577,6	24,9	10,4	0,73
192	22,3	711,6	24,9	12,9	0,73
221	22,2	825,5	25,2	14,7	0,71

На рисунке 4 представлена зависимость электрической эффективности высоковольтного матричного фотоэлектрического преобразователя площадью 3 см² от величины концентрации излучения засветки.

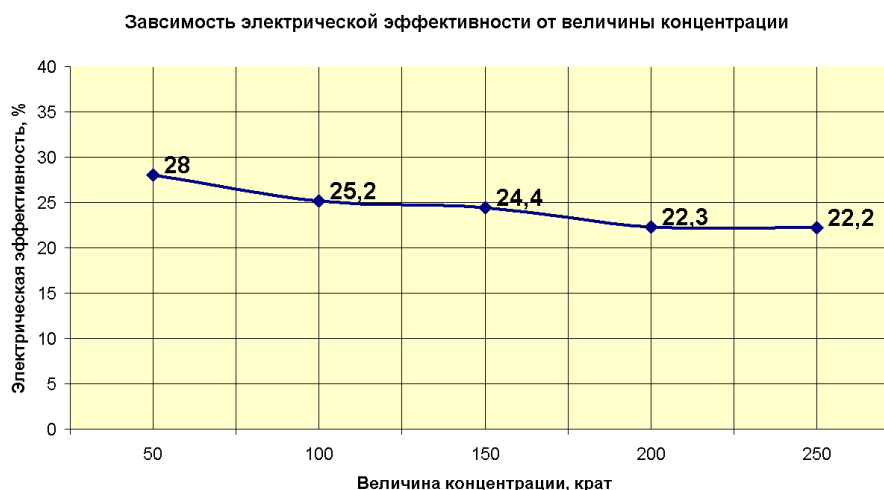


Рисунок 4. Зависимость электрической эффективности матричного высоковольтного фотоэлектрического преобразователя площадью 3 см² от интенсивности засветки

При концентрации излучения около 50 Вт/м² электрическая эффективность матричного высоковольтного фотоэлектрического преобразователя площадью 3 см² составила 28 %, что значительно превосходит электрическую эффективность стандартных планарных солнечных модулей (15 %).

На основе представленных матричных высоковольтных фотоэлектрических преобразователей целесообразно создавать концентраторные теплофотоэлектрические солнечные модули для одновременной генерации электроэнергии и тепла [8, 9]. Подобные установки позволяют экономить фотоэлектрические преобразователи, общая эффективность таких систем достигает 70 %, а срок номинальной мощности, благодаря использованию полисилоксанового компаунда, увеличивается [2, 3].

Список литературы

1. Панченко В.А. Обзор и применение солнечных модулей, разрабатываемых и выпускаемых ГНУ ВИЭСХ // Вестник ВИЭСХ, 2014, № 4 (17), с. 20 – 29
2. Стребков Д.С., Персиц И.С., Панченко В.А. Солнечные модули с увеличенным сроком службы // Инновации в сельском хозяйстве, № 3(8)/2014, с. 154 – 158.

3. Панченко В.А., Стребков Д.С., Персиц И.С. Разработка солнечных модулей с увеличенным сроком номинальной работы // Наноструктурированные материалы и преобразовательные устройства для солнечной энергетики Сборник трудов III всероссийской научной конференции 19-20 июня 2015 г., Чебоксары, с. 91 – 94.
4. Синицын С.А. Моделирование линейных погрешностей при конструировании поверхности концентратора солнечного модуля // Научный электронный журнал Меридиан, 2020, № 4 (38), с. 219-221.
5. Синицын С.А. Энтропийная погрешность при моделировании конструктивных форм теплофотоэлектрических солнечных модулей // Научный электронный журнал Меридиан, 2020, № 3 (37), с. 438-440.
6. Синицын С.А. Информационная методика управления качеством поверхности солнечного концентратора, заданной дискретным множеством точек // E-Scio, 2020, № 1 (40), с. 421-427.
7. Синицын С.А., Стребков Д.С., Панченко В.А. Паркетирование поверхности параболического концентратора солнечного теплофотоэлектрического модуля по заданным дифференциально-геометрическим требованиям // Геометрия и графика, 2019, Т. 7, № 3, с. 15 – 27.
8. Панченко В.А. Моделирование солнечных теплофотоэлектрических модулей // Электротехнологии и электрооборудование в АПК, 2019, 2 (35), с. 71 – 77.
9. Панченко В.А. Методика визуализации теплового состояния двустороннего теплофотоэлектрического приёмника концентраторного модуля // Инновации в сельском хозяйстве, № 2(31)/2019, с. 32 – 40.

References

1. Panchenko V.A. Review and application of solar modules developed and manufactured by GNU VIESH // Bulletin of VIESH, 2014, No. 4 (17), p. 20 – 29 [in Russian].
2. Strebkov D.S., Persits I.S., Panchenko V.A. Solar modules with extended life // Innovations in Agriculture, No. 3 (8) / 2014, p. 154 – 158 [in Russian].
3. Panchenko V.A., Strebkov D.S., Persits I.S. Development of solar modules with an extended nominal life // Nanostructured materials and converting devices for solar energy Proceedings of the III All-Russian Scientific Conference June 19-20, 2015, Cheboksary, p. 91 – 94 [in Russian].
4. Sinitsyn S.A. Modeling linear errors in constructing the surface of a solar module concentrator // Scientific electronic journal Meridian, 2020, No. 4 (38), p. 219-221 [in Russian].
5. Sinitsyn S.A. Entropy error in modeling the structural forms of photovoltaic thermal solar modules // Scientific electronic journal Meridian, 2020, No. 3 (37), p. 438-440 [in Russian].
6. Sinitsyn S.A. An information technique for controlling the surface quality of a solar concentrator defined by a discrete set of points // E-Scio, 2020, No. 1 (40), p. 421-427 [in Russian].
7. Sinitsyn S.A., Strebkov D.S., Panchenko V.A. Surface parqueting for a parabolic concentrator of a solar photovoltaic module according to specified differential geometric requirements // Geometry and Graphics, 2019, V. 7, No. 3, p. 15 – 27 [in Russian].
8. Panchenko V.A. Modeling of solar photovoltaic thermal modules // Electrotechnologies and electrical equipment in the agro-industrial complex, 2019, 2 (35), p. 71 - 77 [in Russian].
9. Panchenko V.A. Method for visualizing the thermal state of a two-sided photovoltaic thermal receiver of a concentrator module // Innovations in Agriculture, No. 2 (31) / 2019, p. 32 – 40 [in Russian].