

---

**Секция 9. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

---

**АНАЛИЗ УСКОРЕННЫХ РЕЖИМОВ ИСПЫТАНИЙ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ**

О.Д. Аксёнов, В.К. Ли  
Научный руководитель – Хорошко В.В.  
канд.тех.наун, доцент

**Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники**

Фотоэлектрическое преобразование солнечного излучения является одним из наиболее перспективных способов в альтернативной энергетике, так как позволяет напрямую преобразовывать энергию солнечного излучения в электроэнергию [1].

Для последующих испытаний были изготовлены фотоэлектрические (солнечные) модули. Для изготовления солнечных модулей(СМ) использовались следующие типы солнечных элементов(СЭ): класса Б на основе поликристаллического кремния размерами 52x26 мм<sup>2</sup>; класса А на основе монокристаллического кремния размерами 156x156 мм<sup>2</sup>. Для монокристаллического кремния образцы были получены скрайбированием без шунтирования до размеров 52x52 мм<sup>2</sup>. Для обоих типов СЭ были изготовлены модули по 24 элемента, соединенных последовательно: таким образом, напряжение в точке максимальной мощности  $U_{mpp} \sim 12$  В. Пайка осуществлялась с помощью шин (медь чистоты 99,99 %, луженая оловянно-свинцовым припоем). Для СЭ на основе поликристаллического кремния все электрические характеристики были стабильными в пределах погрешности измерений за исключением тока короткого замыкания ( $I_{sc}$ ), который для условий эквивалентных АМ 1.5 изменялся в пределах 390-410 мА.

Установка для проведения испытаний представляла собой печь с вмонтированными галогеновыми лампами. Для установления предельных режимов испытаний уровень освещенность изменялся от 1000 до 3000 Вт/м<sup>2</sup>, а температура варьировалась от 120 до 180 °С. При превышении температуры 180 °С происходила частичная отпайка шин от контактных площадок СЭ (рисунок 1 а, б). При температурах до 150 °С и плавным охлаждением в течении 30 минут до комнатной температуры отслоения шин от контактных площадок не наблюдалось [2].



а

б

а – внешний вид СЭ до испытаний; б – вид контактных площадок до испытаний и после воздействия температуры испытаний 180 °С  
Рисунок 1 – Солнечные элементы 52x26 мм<sup>2</sup> до и после испытаний

Вторым фактором, ускоряющим старение СЭ, является уровень инсоляции. В процессе исследований происходило измерение ВАХ при различных эквивалентных уровнях освещенности: 500, 750, 1000, 1250, 1500, 2000 Вт/м<sup>2</sup>. Уровень освещенности устанавливался по  $I_{sc}$  эталонного СЭ. Как известно, напряжение холостого хода ( $U_{oc}$ ) СЭ сильно зависит от температуры, поэтому для исключения влияния повышенной температуры применялось охлаждение образцов в процессе измерений. Температура во всех измерениях контролировалась с помощью ИК пирометра и составляла 20-22 °С. Для проведения испытаний были отобраны образцы с относительно близкими характеристиками (значение  $I_{sc}$  395-401 мА). Среднеарифметические результаты измерений электрических характеристик образцов приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты измерений

$P_{пад}$ Вт/м <sup>2</sup>	$U_{oc}$ , мВ	$I_{sc}$ , мА	$ff$	$\eta$ , %
500	594	398	71,6	12,5
750	594	602	71,8	12,6
1000	596	810	72,2	12,5
1250	600	1020	71,5	12,3
1500	600	1240	65,5	11,4
2000	602	1605	58,2	10,4
3000	606	2410	52,6	9,4

Как видно из таблицы увеличение напряжения холостого хода и тока короткого замыкания соответствуют теории. Основной причиной падения КПД является уменьшение коэффициента заполнения ВАХ, что объясняется большим уменьшением шунтирующего сопротивления  $R_{sh}$  по сравнению со сравнительно медленным падением последовательного сопротивления  $R_s$ . Итоговое падение КПД при увеличении освещения составило 17 %. Дальнейшее увеличение мощности ещё более снижает КПД СЭ. Для СЭ на основе монокристаллического увеличение мощности до 3000 Вт/м<sup>2</sup> не влияет на КПД. На основании вышесказанного можно сделать вывод о нецелесообразности проведения испытаний при уровнях освещенности выше 2000 Вт/м<sup>2</sup>.

Предварительные ускоренные испытания показали, что в течении 150 ч при уровне освещенности эквивалентном 2000 Вт/м<sup>2</sup> и температуре 150 °С деградация СЭ составляет 4-5 %.

#### Библиографический список

1. D. Jordan, S. Kurtz, "Photovoltaic Degradation Rates — An Analytical Review," Progress in Photovoltaics: Research and Applications, 21(1), January 2013. DOI: 10.1002/pip.1182
2. Käsewiter, J., Haase, F., Larrodé, M. H., & Köntges, M. (2014). Cracks in Solar Cell Metallization Leading to Module Power Loss under Mechanical Loads. Energy Procedia, 55, 469–477. doi:10.1016/j.egypro.2014.08.011
3. Connell, E., & Semichaevsky, A. (2016). Degradation of polycrystalline Si solar cell efficiency with increased incident optical power — Experiments and theory. 2016 IEEE 43rd Photovoltaic Specialists Conference (PVSC). doi:10.1109/pvsc.2016.7750064