

Эффективная полоса частот электромиограммы  $\Delta f_j$  рассчитывается по формуле:

$$\Delta f_j = f_{\alpha_j} - f_{\beta_j}.$$

Значения  $f_{\alpha_j}, f_{m_j}, f_{\beta_j}, \Delta f_j$ , а также среднее значение амплитуды в столбце  $A_{cp_j}$  вычисляются для всех столбцов спектрограммы  $j = 0 \dots T - 1$ .

Результатом расчетов являются одномерные массивы зависимостей нижней граничной частоты, медианной частоты, верхней граничной частоты, эффективной ширины спектра и средней амплитуды электромиограммы от времени –  $f_{\alpha}[t], f_m[t], f_{\beta}[t], \Delta f[t], A_{cp}[t]$  соответственно, а также среднеарифметические показатели  $f_{\alpha_{cp}}, f_{m_{cp}}, f_{\beta_{cp}}, \Delta f_{cp}, A_{cp}$  [6].

#### Результаты и выводы

Между средними значениями амплитуды ЭМГ-сигналов при нормотонусе и гипертонусе разница составила 18,25% для I канала (17,63% для II канала), между средними значениями нижних граничных частот – 9% (11%), между средними значениями медианной частоты – 6% (8%), между средними значениями верхних граничных частот – 11,6% (9,8%), между средних значений эффективной ширины спектра – 4,4% (12%).

Анализ результатов обработки электромиограмм при нормо- и гипертонусе методом частотно-временного преобразования показал эффективность данного метода для количественной оценки состояния мышц матки во время беременности.

Для оценки электромиограмм выполнялся расчет средней амплитуды сигнала и частотно-временных параметров (верхняя граничная частота, медианная частота, нижняя граничная частота, эффективная ширина спектра). Сравнительный анализ рассчитанных параметров при нормо- и гипертонусе выявил ряд закономерностей: амплитуда ЭМГ-сигнала при повышенном тонусе выше, чем при нормотонусе; показатели верхней и нижней граничных частот, эффективной ширины спектра при нормотонусе выше, чем при соответствующих показателях с повышенным тонусом.

На основании установленных закономерностей в качестве критериев оценки состояния мышц матки предлагается использовать среднюю амплитуду ЭМГ-сигнала, верхнюю и нижнюю граничные частоты, эффективную ширину спектра.

Список использованных источников:

1. Николаев, С.Г. Практикум по клинической электромиографии / С.Г. Николаев. – Иваново, 2001. – 264 с.
2. Гехт, Б.М. Теоретическая и клиническая электромиография / Б.М. Гехт. – Л.: Наука, 1990. – 229 с.
3. Райгайян, Р.М. // Анализ биомедицинских сигналов. Практический подход. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. – 123 с.
4. Давыдов, А.В. Цифровая обработка сигналов: лекции и практикум на ПК [Электронный ресурс] / А.В. Давыдов. – 2006. – Режим доступа: <http://prodav.narod.ru/dsp/index.html>. – Дата доступа: 03.01.2012.
5. Метод частотно-временного анализа суммарной электромиограммы в оценке функционального состояния нервно-мышечного аппарата человека : статья / М.М. Меженная [и др.]. – Минск: БГУИР, 2012. – 8 с.
6. Гульд К., Розенфальк Л., Виллисон Р. Дж. Технические факторы в регистрации электрической активности и электродиагностике: Пер. с англ. - М.; Медицина. 1975.-С. 151-187.
7. Aminoff M. Electromyography in clinical practicc. - Menio Park (Calif.) etc.: Addison-Wesley, 1978. - 216 p.

## МОДЕЛЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И ТОПОЛОГИИ ТОНКОПЛЕНОЧНОГО ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ТИПА SIGS НА ГИБКОЙ ПОЛИИМИДНОЙ ПОДЛОЖКЕ

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
г. Минск, Республика Беларусь*

*Кунцевич А. В., Воротницкий Е. Д.*

*Василевич А. П. – к-т. техн. наук, профессор*

Тонкопленочная технология фотоэлектрических преобразователей (ФЭП) по сравнению с доминирующей сейчас технологией на кристаллическом кремнии (рисунок 1), выглядит более консолидированной и перспективной как в экономическом, так и в производственном плане [1].

Основные преимущества той или иной тонкопленочной технологии, в основном, определяются двумя параметрами: эффективностью (КПД) преобразования световой энергии в электрическую и себестоимостью производства. Лидером по эффективности среди тонкопленочных ФЭП является технология SiGS (на основе соединения диселенида меди-индия-галлия  $Cu(In,Ga)Se_2$ ), которая реализуется как на стеклянной, так и на более перспективной гибкой полиимидной подложке.

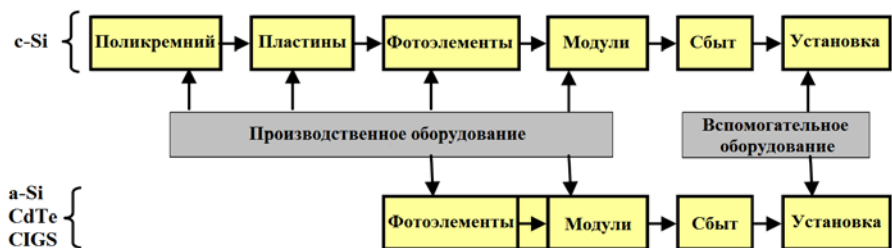


Рис. 1 – Производственные цепочки тонкопленочных технологий ФЭП (a-Si, CdTe, CIGS) и ФЭП на кристаллическом кремнии (c-Si) [1]

Разработкой ФЭП на основе тонкопленочных технологий CIGS занимаются многочисленные исследовательские центры и компании мира, такие как EMPA, Daystar, Iowa Thin Film Technologies, Nanosolar, Konarka, Nanosys, NREL и United Solar Ovonic и др. Основными проблемами CIGS являются сложность технологического процесса и сравнительно низкий КПД солнечных модулей большой площади в условиях серийного производства.

Ученые EMPA - швейцарской федеральной лаборатории материаловедения и технологий презентуют разработку ФЭП из полупроводникового материала [CIGS](#), (селенида меди-индия-галлия) на гибкой полиимидной основе, обладающих рекордным для тонкопленочных технологий КПД фотоэлектрического преобразования 18,7% при площади ячейки 0,5 см<sup>2</sup>, в то время как при большой площади ячейки средний КПД составляет 8 – 14,8% [2].

На рисунке 2 приведены вольт-амперная и мощностная характеристики реального [CIGS](#)-солнечного модуля EMPA, имеющего КПД 14,8%, топология которого сформирована с применением трехкратного лазерного скрайбирования и состоящего из 8 последовательно соединенных ячеек, каждая площадью 1,625 см<sup>2</sup>. Напряжение холостого хода ячейки составляет  $V_{OC} = 689$  мВ, плотность тока короткого замыкания – 32,9 мА/см<sup>2</sup>, фактор при данной площади ячейки – 65,3%.

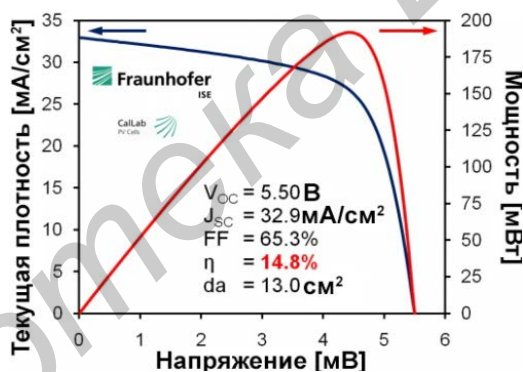


Рис. 2 – Вольт-амперная и мощностная характеристики [CIGS](#)-солнечного модуля EMPA [3]

Целью настоящей работы является проектирование электрических параметров солнечного модуля EMPA типа CIGS методом математического моделирования топологии (геометрических размеров и электрической коммутации ячеек в модуле) без изменения её структуры и базовой технологии.

Как видно из рисунка 3, топология ячейки солнечного модуля EMPA, определяющая её фотоактивную площадь, формируется методом поперечного лазерного скрайбирования модуля, причем её длина задается шириной напыляемой полупроводниковой структуры, а ширина ячейки – шагом скрайбирования (несколько мм) при неизменной площади модуля.



Рис. 3 – Формирование топологии ячейки солнечного модуля методом лазерного скрайбирования [3]

Из рисунка 3 видно, что фотоактивная площадь ячейки определяет рабочий ток ячейки и равный ему ток модуля, а количество последовательно соединенных ячеек определяет напряжение, вырабатываемое модулем при его освещении.

Объектом моделирования является CIGS-модуль EMPA на полиимидной основе, имеющий следующие исходные характеристики [3]: напряжение холостого хода ячейки  $U_{oc} = 689$  мВ; плотность тока короткого замыкания ячейки  $J_{sc} = 32,9$  мА/см<sup>2</sup>; филл-фактор при любой площади ячейки  $FF = 65,3\%$ ; типовая ширина лазерного реза при скрайбировании  $h = 0,033$  см.

Были введены следующие обозначения:  $n$  – количество ячеек в модуле, шт.;  $S_{элм}$  – активная площадь модуля, см<sup>2</sup>;  $S_{элч}$  – активная площадь ячейки, см<sup>2</sup>;  $L$  – длина стороны квадратного модуля, см;  $P_{п}$  – пиковая мощность модуля, мВт.

По имеющимся исходным данным с использованием COMSOL Multiphysics рассчитывались электрические параметры модуля: напряжение холостого хода модуля  $U_{ocм}$ , ток короткого замыкания модуля  $I_{scм}$ , активная площадь ячейки  $S_{элч}$ , активная площадь модуля  $S_{элм}$  и, с изменением количества ячеек в модуле  $n$  от 5 до 11, полученные параметры обрабатывались с помощью программной среды MATLAB.

Математическая зависимость мощности модуля от числа ячеек в модуле, обусловленного топологией ячейки имеет следующее выражение

$$P_{п} = J_{sc} \cdot U_{ocч} \cdot FF \cdot L(L - nh).$$

График зависимости мощности  $P_{п}$  от количества ячеек приведен на рисунке 4.

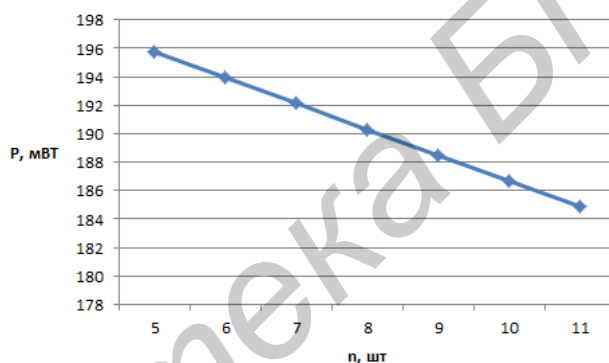


Рис. 4 – График зависимости мощности солнечного модуля от количества ячеек

#### Выводы

В результате моделирования топологии ячейки CIGS ФЭП на гибкой подложке получена линейная зависимость мощности солнечного модуля от количества ячеек, определено, что при увеличении числа ячеек модуля снижается его мощность за счет уменьшения активной площади.

Полученные результаты могут быть применены на практике для проектирования топологии солнечного модуля по заданным электрическим параметрам.

Список использованных источников:

1. O'Rourke, S. Technology and economics: thin films and crystalline silicon / S. O'Rourke, P. Kim, H. Polavarapu // Deutsche Bank Global Markets Research, 2007, 9 July, USA, p. 75-98.
2. FacePla.net [Electronic resource]. – Mode of access: <http://facepla.net/component/tag/cigs.html>.
3. Flisom [Electronic resource]. – «Flexible light-weight CIGS solar module» presentation. Mode of access: [www.flisom.ch](http://www.flisom.ch).

## АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ СОВРЕМЕННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПЛАСТИН В ЗОНЕ ПОСЛЕСВЕЧЕНИЯ СВЧ-РАЗРЯДА

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
г. Минск, Республика Беларусь

Дубина О. Н.

Мадвейко С. И. – канд. техн. наук, доцент

Общепринятая концепция индивидуальной плазменной обработки пластин и непрерывное увеличение их диаметра обуславливают необходимость разработки неких универсальных подходов построения плазменных реакционных камер и