

Действие проникающей радиации, например ядерных энергетических установок или космического пространства, приводит к деградации параметров интегральных микросхем (ИС). При этом важно определить показатели стойкости – предельные дозы излучения, при которых наиболее чувствительный параметр микросхемы выходит за установленные нормы. Известно [1], что радиационная стойкость микросхем определяется в первую очередь деградацией параметров транзисторов. Было установлено, что предельный поток облучения, при котором нарушается режим работы транзистора, определяется конструктивно-технологическими характеристиками его изготовления, электрическим режимом работы, начальными значениями параметров, характеристиками воздействующей радиации.

Биполярные транзисторы изменяют свои характеристики в основном из-за уменьшения времени жизни неосновных носителей заряда в связи с рекомбинацией на радиационных центрах в активных областях приборов. Применение изопланарной технологии привело к приближению границы раздела диэлектрик-полупроводник к рабочим областям биполярных транзисторов, вследствие этого увеличилось влияние на их характеристики плотности поверхностных состояний и накопленного заряда в изолирующем оксиде. Поэтому в ряде случаев поверхностные радиационные эффекты являются определяющими и для биполярных ИС [2].

Из всех параметров двух видов транзисторов наиболее чувствительным к радиации оказался коэффициент усиления, особенно при малых токах базы. Практически не изменились напряжение пробоя и падение прямого напряжения на переходе эмиттер – база. Токи утечки возросли примерно на 10% в основном у n-p-n транзисторов. Через 10<sup>2</sup>–10<sup>3</sup> ч после окончания облучения токи утечки фактически вернулись к исходным значениям до облучения, коэффициент усиления восстановился более заметно при малых токах базы, а другие параметры с течением времени остались неизменными. Изменения параметров диодов и резисторов в меньшей степени влияют на радиационную стойкость микросхем [1,2], следовательно, достаточно учитывать радиационные изменения параметров только транзисторов.

**Список использованных источников:**

1. Коршунов Ф.П. Воздействие радиации на интегральные микросхемы / Коршунов Ф.П., Богатырев Ю.В., Вавилов В.А. – Мн: Наука и техника, 1986. – 254 с.
2. Першенков В.С. Поверхностные радиационные эффекты в элементах интегральных микросхем / Першенков В.С., Попов В.Д., Шальнов А.В. – М: Энергоатомиздат, 1988. – 256 с.

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ**

*Сенькевич Д.В., Нестерёнок А.В.*

*ГНПО «Оптика, оптоэлектроника и лазерная техника»*

*Залесский В.Б. – канд. техн. наук*

Как правило, солнечные панели используют там, где не проходят линии электропередач. Причины на это бывают разные. Основная работа солнечных панелей заключается в том, что они преобразовывают солнечную энергию в электрический ток. Если сравнивать все виды энергоресурсов, то солнечная энергия является наиболее выгодной. Особенно это касается применения ее, например, в селах и других отдаленных от городов местностях. Так же можно использовать в городе, и на различных городских строениях, для обеспечения их электричеством.

В работе исследуются фотоэлектрические характеристики ряда монокристаллических и тонкопленочных солнечных элементов, выпускаемых зарубежными фирмами с целью определения их применимости в Республике Беларусь при ограниченном количестве солнечных дней в году (20-35).

В экспериментах использовались СЭ на основе монокристаллического кремния (кпд 16%), аморфного кремния (кпд 18%), НТ-структуры – на основе монокристаллического кремния с аморфным кремнием (кпд 20%), тонкопленочные СЭ на основе соединения Cu (InGa) Se<sub>2</sub> (кпд 16%).

Анализ выходных характеристик СЭ при различном освещении, показывает, что лучшими параметрами по плотности тока обладают элементы элемент на основе кристаллического кремния «БГУ» и элемент на основе поликристаллического кремния «В1».

Напряжение холостого хода для элементов на основе НТ – структуры «5.6 673» и «Т 18\_18\_9\_4» имеют наибольшее значение напряжения холостого хода.

По результатам исследования фотоэлектрических параметров СЭ при различном уровне затенения (угол падения освещения 90°), получено, что элементы типа «В» имеют наименьшие изменения тока короткого замыкания при затенении. При затенении на 80% ток короткого замыкания

уменьшается на 29%, в то время как на НТТ – структурах ток падает до значений близких к нулю. А изменение напряжения холостого хода при затенении, наименьшее для элементов А1 и В1, значение уменьшается на 42% и 29% соответственно, при затенении на 80%.

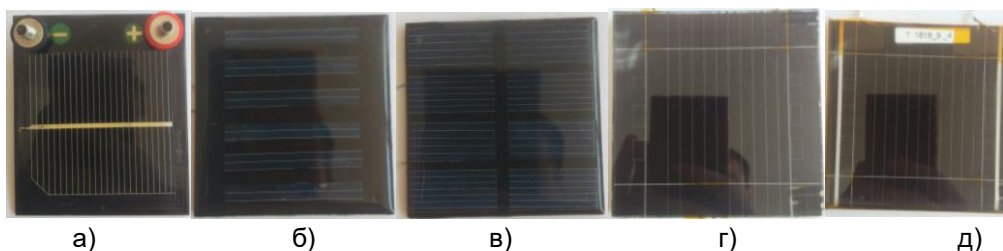


Рисунок 1 – Исследуемые солнечные элементы: «БГУ» а); А1 (б); В1(в); 5.6 673 (г); Т 18\_18\_9\_4 (д)

На основании результатов проведенных экспериментов наиболее перспективным СЭ для использования в условия Республики Беларусь является «В1». Так как данный СЭ обладает лучшими фотоэлектрическими характеристиками из исследуемых образцов. Изменения тока короткого замыкания и напряжение холостого хода при затенении наименьшее из и образцов.

**Список использованных источников:**

1. Объемные СЭ [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://recyclemag.ru/article/obekty-na-solnechnyh-batarejah>
2. Фотовольтаика [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://entropyproduction.blogspot.com.by/2005/08/air-mass-15-standard.html>

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАДЕРЖЕК СИГНАЛА В МЕЖУРОВНЕВОЙ СТРУКТУРЕ МЕЖСОЕДИНЕНИЙ ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМ

*Мир Д.В.*

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

*Черных А.Г. – канд. техн. наук, доцент*

В статье рассматривается методика определения задержек сигнала в межуровневой структуре межсоединений интегральных микросхем. Выделены преимущества моделирования задержек сигнала в программном пакете ANSYS. Представлены результаты влияния материала межсоединений и межуровневой изоляции на величину задержек сигнала.

Совершенствование микроэлектронных приборов связано с увеличением быстродействия и с увеличением степени интеграции, и, следовательно, уменьшением размеров элементов. Однако при уменьшении размеров элементов проблема межсоединений интегральных микросхем (ИМС) становится главным лимитирующим фактором дальнейшего развития, так как временные емкостно-резистивные задержки (RC-задержки) распространения сигнала между транзисторами ограничивают быстродействие ИМС.

Система межсоединений, исключаяющая многократные взаимные пересечения проводников, в таких схемах, как правило, не может быть реализована. Поэтому соединяющие проводники нельзя расположить в одной плоскости и приходится использовать многоуровневую систему металлизации [1].

В процессе проектирования определение RC задержек проводится во время разводки топологии, чтобы учесть паразитные эффекты. Быстрое и точное определение паразитных эффектов на кристалле и времени задержки стало очень важной задачей. Величина задержки сигнала может быть определена при помощи 2-D и 3-D программ по моделированию паразитных эффектов в программных пакетах, таких как ANSYS, COMSOL Multiphysics и др. [2].

В настоящее время, полное определение паразитных R и C элементов возможно, благодаря созданию таблиц соответствия для заведомо известных образцов, используя программы по определению полей либо экспериментальные тестовые структуры [3, 4].

Согласно упрощенным представлениям, для субмикронных ИМС модель емкости токопроводящих дорожек складывается из емкости параллельных пластинок  $C_{L-G}$  (относительно нижележащих токопроводящих дорожек или относительно «земли») и краевой емкости  $C_{L-L}$ . Схематическое представление емкостей в межуровневой структуре представлено на рисунке 1.