

*Управляющие и информационно-измерительные комплексы(системы)***ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИКИ СПЕКТРАЛЬНОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ**

Богатов Н.М., Корнеев А.И.,
Матвеев М.П., Родоманов Р.Р.

*Кубанский государственный университет,
Краснодар*

Разработана универсальная система управления измерительным и лабораторным оборудованием, предусматривающая многоканальный ввод данных, внутреннюю обработку информации, сопряжение с персональным компьютером и внешнюю обработку информации. Эта система является структурной единицей в составе контрольно-измерительных информационных систем, предназначенных для исследования параметров полупроводниковых приборов.

Основой системы управления измерительным оборудованием является программируемый контроллер для сбора и первичной обработки информации [1], посредством которого осуществляется подключение измерительной аппаратуры к персональному компьютеру IBM PC и управление исполнительными элементами приборов. На программируемый контроллер возлагаются задачи сбора и первичной обработки данных. Более детальная и сложная обработка данных выполняется на ЭВМ, обладающих развитыми операционными системами, языками программирования высокого уровня, редакторами, различными прикладными программами, магнитными и лазерными накопителями большой емкости.

С использованием программируемого контроллера сбора и первичной обработки информации создана контрольно-измерительная информационная система, предназначенная для исследования спектральных характеристик солнечных элементов (СЭ). В состав автоматизированного спектрального комплекса входит светосильный монохроматор МДР-23, предназначенный для работы в диапазоне 200 – 2000 нм. В этом комплексе программируемый контроллер

управляет работой шагового двигателя монохроматора и регистрирует спектр, снимая значение сигнала с универсального цифрового вольтметра, к которому подключен фотоприемник. При измерении спектральной чувствительности солнечных элементов вместо выходного сигнала фотоумножителя регистрируется ток короткого замыкания солнечного элемента. Кроме того, программируемый контроллер выполняет основные функции по первичной математической обработке данных.

Спектральная чувствительность СЭ – это зависимость тока короткого замыкания от длины волны падающего на поверхность оптического излучения, рассчитанная на единицу мощности излучения. В стандартных методиках [2] измеряются стационарные значения спектральной чувствительности. Автоматизированные измерения динамики спектральной чувствительности позволяют наблюдать временные изменения тока короткого замыкания, обусловленные процессами с различными характерными временами перераспределения электронов и дырок в СЭ.

Исследовались двусторонние кремниевые солнечные элементы со структурой n^+p или p^+n типа, субмикронным (0,15 мкм) диффузионным n - p -переходом, текстурированной поверхностью, на которую наносилось пассивирующее просветляющее покрытие SiO_2 . В качестве образца-свидетеля использовался СЭ с глубоким плоским n - p -переходом.

Дискретизированные во времени измерения значений тока короткого замыкания I при фиксированной длине волны λ проводились на автоматизированном спектральном комплексе по методике с низким уровнем освещенности [2]. Сканирование по λ сопровождается резким изменением условий освещения при переходе от одной длины волны к другой. В результате у СЭ с субмикронным n - p -переходом наблюдалась релаксация тока короткого замыкания к своему стационарному значению I_c (рис. 1). Спектральная чувствительность образца-свидетеля в представленном на рис. 1 временном интервале была стационарна.

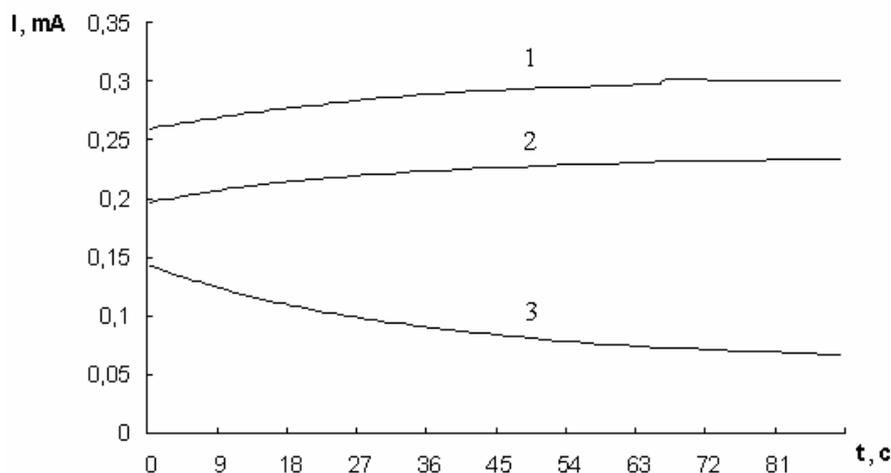


Рисунок 1. Зависимость тока короткого замыкания от времени при резком изменении условий освещения: 1 – $\lambda=1000$ нм; 2 – $\lambda=950$ нм; 3 – $\lambda=1150$ нм

Кривые на рис. 1 описываются формулой

$$I = I_c + \Delta I \cdot \exp\{-t/\tau\}, \quad (1)$$

где τ – время релаксации. Аппроксимация методом наименьших квадратов дает $\tau=31,3$ с, $\tau=33,8$ с, $\tau=33,3$ с для $\lambda=950$ нм, $\lambda=1000$ нм, $\lambda=1150$ нм, соответственно. Значение τ не зависит от длины волны в пределах погрешности измерений.

В теории солнечных элементов [3] принято считать, что релаксация тока короткого замыкания обусловлена рекомбинационными процессами. Характерное время жизни неравновесных носителей заряда в кремнии составляет $10 \div 100$ мкс. При таком времени релаксации ток короткого замыкания выглядит стационарным в масштабе рисунка 1. Характерная для исследуемых СЭ нестационарность тока короткого замыкания с достаточно большим временем релаксации объясняется медленными процессами изменения плотности неравновесного поверхностного заряда на границе Si-SiO₂. Неравновесный поверхностный заряд индуцирует дополнительное падение напряжения на p-n переходе и увеличение тока инжекции.

Авторы благодарят директора НПФ "Кварк" Закса М.Б. и ведущего технолога Ситникова А.М. за предоставленные для исследований образцы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Богатов Н.М., Матвеекин М.П., Родоманов Р.Р., Яковенко Н.А. //Автометрия. 2003. Т.39. №6. С. 68–77.
2. Колтун М.М. Оптика и метрология солнечных элементов. М.: Наука, 1985. – 280 с.
3. Фаренбрух А., Бьюб Р. Солнечные элементы: Теория и эксперимент. М.: Энергоатомиздат. 1987. – 280 с.

ВЕРОЯТНОСТНЫЕ МЕТОДЫ РАСЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПРЕДПРИЯТИЯ

Соколянский П.А., Хищенко В.И.

Важным достижением теории электрических нагрузок являются статистические методы. В основу этих методов положена математическая модель «случайный процесс», основными вероятностными харак-

теристиками которой являются математическое ожидание и дисперсия [3].

Для создания системы энергоснабжения (СЭС) необходимо решение следующих задач:

- определение потерь мощности и энергии, максимальных и минимальных потерь и отклонений напряжения в элементах СЭС;
- оценка диапазона регулирования напряжения и мощности компенсирующих устройств;
- оценка экономической эффективности регуляторов напряжения и мощности компенсирующих устройств;
- определение мощности и числа ступеней регулируемого компенсирующего устройства;
- проверка выбранных по пику температуры элементов СЭС по условию перегрузки при определении их функциональной надежности;
- прогнозирование возможности превышения максимума нагрузки различной продолжительности над заявленной активной мощностью;
- выбор номинальных токов плавких вставок, уставок автоматических воздушных выключателей, уставок тока защиты от перегрузки и времени ее срабатывания.

Для решения вышеупомянутых задач необходимо располагать характеристиками пиков и впадин нагрузки различной продолжительности и характеристиками выбросов и провалов нагрузки относительно заданного уровня.

Предложенный в теории электрических нагрузок метод вероятностного моделирования позволяет определить помимо средней нагрузки P_{cp} и нагрузки по нагреву $P_{нагр}$, положительные и отрицательные экстремальные значения нагрузки различной продолжительности, а также характеристики положительных экстремальных значений («выбросов») P_v и отрицательных экстремальных значений («провалов») P_n нагрузки относительно заданного уровня.

График нагрузки типового предприятия, представлен на рис.1.