

УДК 621.315.592.08

И.Ш. Невлюдов, В.А. Письменецкий, А.В. Фролов, Я.С. Мовсесян

Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС

В настоящее время в связи с резким истощением природных запасов ископаемого топлива для выработки электрической и тепловой энергии остро возникла проблема поиска новых альтернативных источников энергии, одним из которых является энергия Солнца. Для получения электрической энергии из солнечной применяются фотоэлектрические преобразователи такие как основа для создания солнечных элементов и солнечных батарей. Последние широко применяются в современных измерительных и бытовых приборах. Поэтому разработке методов и средств измерений параметров солнечных элементов и солнечных батарей в мире уделяется большое внимание, что объясняется потребностью в их аттестации в условиях нарастающего производства. Автоматизированный программно-аппаратный измерительный комплекс предназначен для проведения исследований солнечных элементов на арсенид-галлиевых гетероструктурах и кремниевых однопереходных фотопреобразователей. Кроме этого предусмотрена возможность исследования модулей солнечных батарей с относительно большими размерами (30х30 см и более).

Ключевые слова: *солнечные элементы, солнечные батареи, измерительный комплекс, время измерений, освещённость, импульсный блок, ксеноновая лампа, модуль измерителя.*

Введение

В настоящее время 86% производимой электрической и тепловой энергии вырабатывается на АЭС и ТЭЦ, работающих на ископаемом топливе. Работа ТЭЦ сопровождается химическим загрязнением среды и истощением природных ресурсов и кроме этого «тепловым загрязнением» земли. Использование АЭС сопряжено с проблемами обеспечения безопасности их эксплуатации, переработки радиационных отходов и опасностью радиационного загрязнения.

Для решения возникших проблем перспективно использование солнечной энергии, так как этот вид энергии неисчерпаем, доступен всем и является экологически чистым.

Для преобразования солнечной энергии используются фотоэлектрические преобразователи, разработке автоматизированного измерительного комплекса для контроля их параметров и посвящена настоящая работа.

Анализ последних исследований и публикаций. На сегодняшний день разработке методов и средств измерений солнечных элементов (СЭ) и солнечных батарей (СБ) в мире уделяется большое внимание. Это безусловно объясняется потребностью в их точной и экономичной аттестации условиях нарастающего производства [4, 5]. К настоящему времени наибольшее развитие получила метрология планарных СЭ и СБ [6, 7].

Изложение основного материала

Автоматизированный программно-аппаратный измерительный комплекс предназначен для прове-

дения исследований СЭ на основе арсенид-галлиевых многослойных гетероструктурных и кремниевых однопереходных фотопреобразователей. Кроме этого предусмотрена возможность исследовать модули СБ с размерами 90х40 мм.

Комплекс предназначен для оперативного контроля выходных параметров кристаллов фотопреобразователей (ФП) с целью их разбраковки и сортировки для последующей сборки солнечных модулей и солнечных панелей (батарей), а также оперативного контроля параметров солнечных батарей с размерами 30х30 см и более.

Кроме этого автоматизированный комплекс можно использовать при исследовании электрофизических и выходных параметров тандемных гетероструктурных ФП при вариации параметров отдельных фотоячеек и режимов технологических операций, диагностики и исследования тандемных гетероструктурных ФП с квантово-размерными средами [1, 2].

Основные параметры автоматизированного комплекса:

- время измерений – 10 мс;
- количество точек измерений – 200 точек;
- пределы измерения по каналу напряжения фотопреобразователя – 0.5, 1.0, 3.0, 6.0, 12.0, 24.0, 48.0 В;
- границы измерения по каналу тока фотопреобразователя – 0.3, 5.0, 50.0, 500.0, 5000.0, 10000.0, 20000.0 мА;
- максимальный уровень освещенности в плоскости ФП или модуля – 1360 Вт/м²;
- однородность пространственной и временной освещенности на площади 100х100 мм – не более 2%;

– нагрузка на сеть питания не более 180 Вт.

Структура измерительного комплекса приведена на рис. 1.

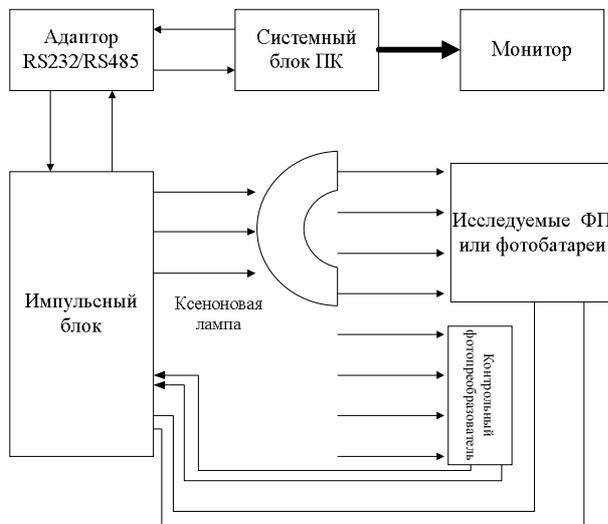


Рис. 1. Структура измерительного комплекса

Все модули в процессе измерения работают согласованно благодаря управлению от общей программы ПК.

Импульсный блок (рис. 2, а) представляет металлическую конструкцию прямоугольной формы с размерами 510x280x195 мм. Особенностью его является полное отсутствие на передней панели традиционных органов управления (кнопок, тумблеров, переключателей, ЖК индикаторов), характерных для большинства измерителей аналогового типа. Это связано с тем, что управление режимами работы осуществляется с помощью ПК.

Комплекс построен на базе импульсного имитатора солнечного излучения, представляющего импульсную ксеноновую лампу (рис. 2, б).

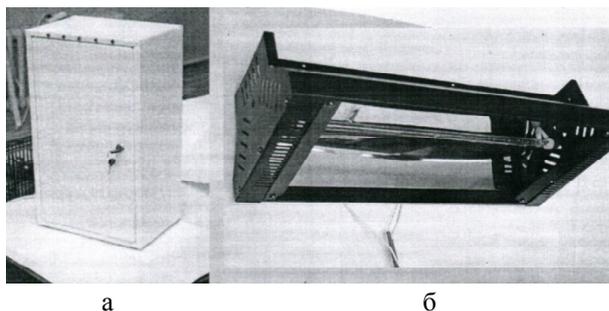


Рис. 2. Компоненты измерительного комплекса: а – импульсный блок; б – ксеноновая лампа.

Блок состоит из трех основных модулей:

- модуль импульсного осветителя;
- модуль измерителя;
- модуль электронной нагрузки ФП или фотобатареи.

Модуль импульсного осветителя обеспечивает формирование светового потока с заданными пара-

метрами путем включения ксеноновой лампы и стабилизации режима ее работы на протяжении рабочего импульса.

Модуль измерителя выполняет преобразование в цифровой код сигналов напряжения на зажимах испытуемой фотобатареи или ФП, тока выходной цепи фотобатареи или ФП и сигнала контрольного фотопреобразователя светового потока.

Модуль напряжения фотобатареи и ФП обеспечивает изменение номинала напряжения, подключенного к соответствующим зажимам на протяжении рабочего импульса [3].

Для автоматизированного измерения ВАХ необходимо воспользоваться интерфейсом программы, приведенной на рис. 3.

Перед началом работы с программой нужно в ее главном окне (окно «Measurement»), в окне «Uobj», «Job» ввести значение с образцовых приборов провести тарировку каналов измерений и сохранить коэффициенты тарировки с помощью кнопки «Save_K_Tar». Также необходимо сохранить коэффициенты напряжения и силы тока фотобатареи с помощью кнопок «Save_KUfb» и «Save_KJfb». Особое внимание уделяется точности значения параметров образцовых приборов. Чем точнее будет введено значение, тем точнее будет получена в дальнейшем вольт-амперная характеристика (ВАХ) [4, 5].

Для определения работоспособности программы, необходимо нажать клавишу «Ignition». При нажатии этой клавиши включается вспышка или импульсный осветитель. Далее для снятия измерений необходимо нажать кнопку «Start» и в результате начнется построение графиков значений тока, мощности и напряжения. Полученные графики можно записать в память программы с помощью кнопки «Write_Arj». Для дальнейшего просмотра графика из памяти программы, необходимо нажать клавишу «Read_Arg».

После просмотра ВАХ для восстановления графиков, например, с целью повторного анализа участков, можно нажать кнопку «U_J_L_Chart». На поле графиков выводятся три линии или три графика. Первый из них (белая линия) является измерением тока. Второй (красная линия) определяет значение напряжения, а третий (синяя линия) характеризует мощность, а также величину интенсивности вспышки и степень стабильности излучения.

Кнопки «Vach_Chart» позволяет получить график ВАХ, по которому можно определить напряжение в момент начала измерения и в конце, а также в его процессе измерения. Участок осциллограммы, по которому строится ВАХ, выбирается с помощью компонентов выбора начала и конца этого участка.

Нажатием кнопки «Vach_Arg», можно получить по ранее записанным данным архива график ВАХ.

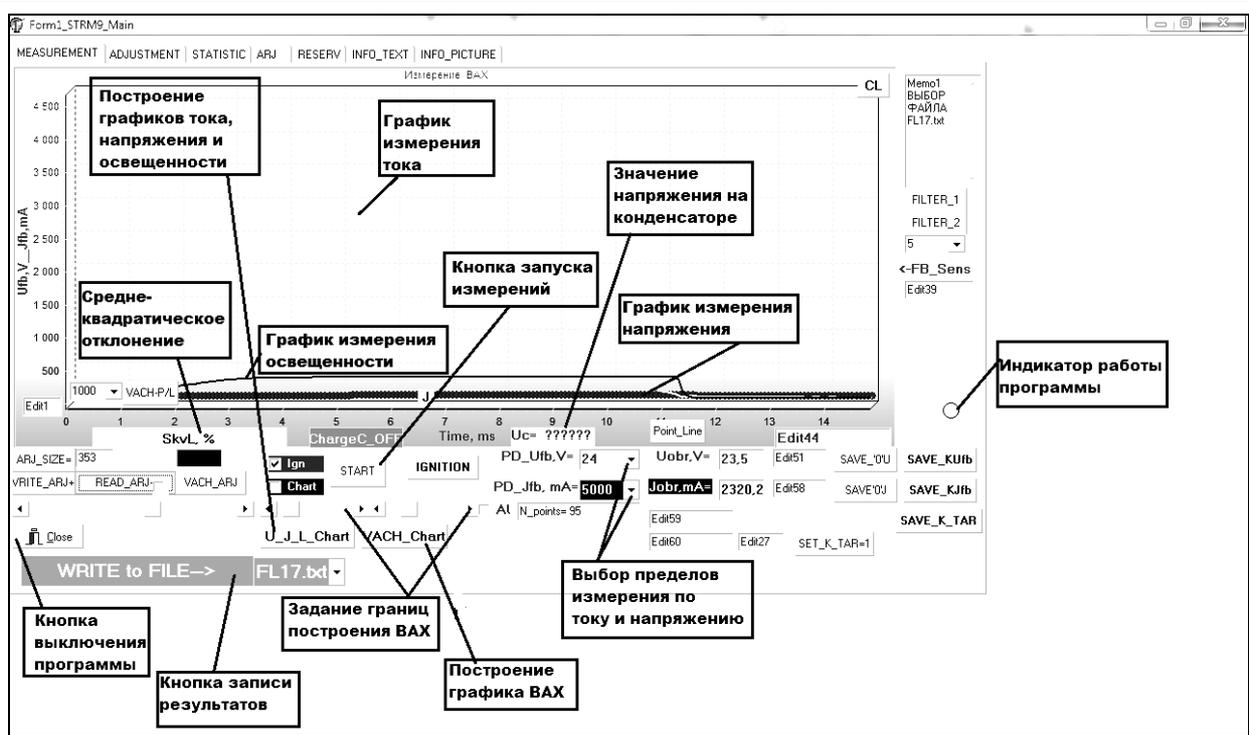


Рис. 3. Описание программы

Есть компоненты для выбора пределов измерения по току и напряжению фотобатареи. Результаты выбора отображаются в окнах «PD_Ufb» и «PD_Jfb».

Если необходимо повторить измерения, надо нажать на кнопку «Start» и повторно происходит измерение. Построение осциллограмм напряжения и тока выполняется автоматически [8]. Эти графики можно сохранить и использовать в дальнейшем, выбирая их из памяти программы. Для записи полученных данных используем кнопку «Write to file» и выбираем имя файла.

С помощью разработанной программы были получены ВАХ СЭ и СБ.

На рис. 4 приведена ВАХ трехпереходного гетеро ФП со структурой InGaP/GaAs/Ge. Как следует из графика ВАХ, ток короткого замыкания $I_{kz} = 137$ mA, а напряжение холостого хода $U_{xx} = 2,7$ V, что полностью соответствует паспортным параметрам исследуемой структуры.

На рис. 5 представлена ВАХ монокристаллического солнечного модуля на ФП с одним р-п переходом.

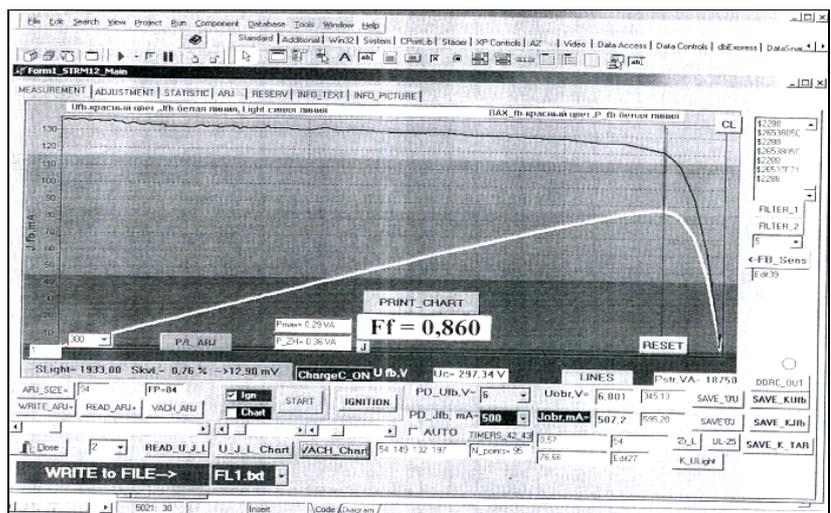


Рис. 4. ВАХ арсенид-галлиевого ФП

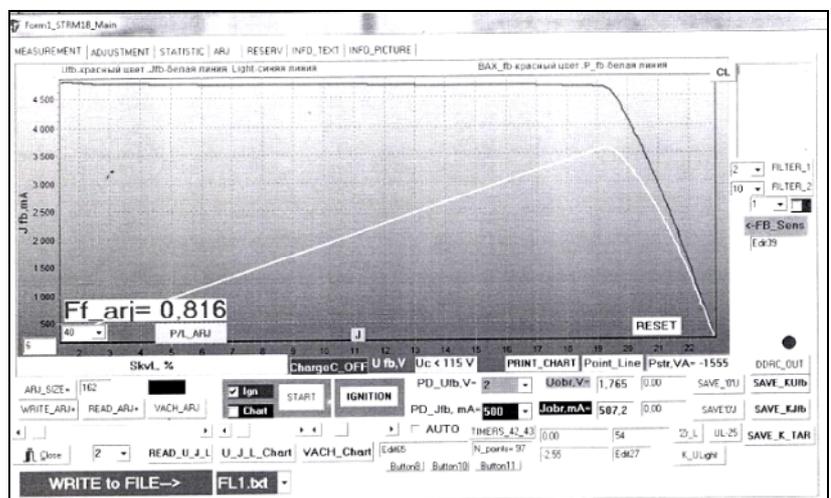


Рис. 5. ВАХ кремниевого солнечного модуля

Ток короткого замыкания исследуемого модуля $I_{кз} = 4800$ мА и определяется его площадью 90×40 см. Напряжение холостого хода модуля согласно ВАХ равно $U_{хх} = 23$ В.

Как и следовало ожидать, параметр FF для GaAs гетероструктуры (0,86) больше, чем у кремниевого модуля (0,816).

Выводы

По сравнению с аналогами автоматизированный программно-аппаратный измерительный комплекс имеет следующие преимущества:

Высокая точность измерений (200 точек для синтеза ВАХ).

Высокая скорость измерений (время измерения ВАХ 10 мс), что позволяет выполнять быстро смену образцов ФП и тестировать их крупные партии [8].

Относительно большой диапазон измерений по току и напряжению, позволяет контролировать как отдельные ячейки ФП, модули, так и сборки ФП.

Наличие интерактивного пользовательского интерфейса, благодаря которому даже неопытный пользователь может сразу без помощи программиста приступить к измерениям, которые займут немного времени.

Список литературы

1. Слипченко Н.И. Определение диодных параметров кремниевых фотопреобразователей по световой нагрузочной ВАХ / Н.И. Слипченко, В.А. Писменецкий, Н.Н. Янковская, А.В. Фролов // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – №6(24) – 2007. – С.41-48.

2. Слипченко Н.И. Оперативный контроль параметров фотопреобразователей / Н.И. Слипченко, В.А. Писменецкий, Н.Н. Янковская, А.А. Кирилюк, А.В. Фролов // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – №4/3(28) – 2007. – С. 39-42.

3. Слипченко Н.И. Анализ информативности диодных параметров кремниевых фотопреобразователей / Н.И. Слипченко, В.А. Писменецкий, Н.Н. Янковская, А.В. Фролов // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – №6/2(30) – 2007. – С. 30-36.

4. Ащеулов А.А. Измерительный комплекс для определения фотоэлектрических параметров приемников излучения / А.А. Ащеулов, А. Х. Дунаенко, В.Д. Фотий // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. – №6 – 2004. – С. 38-39.

5. Наумов В.В. Автоматизированный измеритель вольт-амперных и вольт-фарадных характеристик полупроводниковых структур / В.В. Наумов, О.А. Гребеницков, В.Б. Залесский // Приборы и техника эксперимента. – №1 – 2007. – С.164-165.

6. Наумов В.В. ПТЭ / В.В. Наумов, О.А. Гребеницков // Приборы и техника эксперимента. – №5 – 2002. – С. 162.

7. Наумов В.В. ПТЭ / В.В. Наумов, О.А. Гребеницков, В.Б. Залесский // Приборы и техника эксперимента. – №1 – 2006. – С.165.

8. Свід. про реєстр. авт. права № 86167. Україна. Пристрій для контролю параметрів фотоелектричних перетворювачів / М.І. Слипченко, В.А. Письменецкий, А.А. Кирилюк, Н.М. Янковська, А.В. Фролов — прийнято 25. 03. 2009.

Надійшла до редколегії 9.02.2017

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.І. Филипченко, Харківський національний економічний університет імені С. Кузнеця, Харків.

АВТОМАТИЗОВАНИЙ ПРОГРАМНО-АПАРАТНИЙ ВИМІРЮВАЛЬНИЙ КОМПЛЕКС

I.Sh. Nevlyudov, V.O. Pismenetsky, A.V. Frolov, Ya.S. Movsesian

В наш час у зв'язку з різким зменшенням природних запасів викопного палива для виробництва електричної та теплової енергії гостро виникла проблема пошуку нових альтернативних джерел енергії, одним з яких є енергія Сонця. Для отримання електричної енергії з сонячної застосовуються фотоелектричні перетворювачі, такі як основа для створення сонячних елементів та сонячних батарей. Останні широко застосовуються в сучасних вимірювальних та побутових приладах. Тому розробці методів та засобів вимірювань параметрів сонячних елементів та сонячних батарей у світі приділяється велика увага, що пояснюється потребою в їх атестації в умовах наростаючого виробництва. Автоматизований програмно-апаратний вимірювальний комплекс призначений для проведення досліджень сонячних елементів на арсенід-галієвих гетероструктурах та кремнієвих одноперехідних фотоперетворювачів. Крім цього передбачена можливість дослідження модулів сонячних батарей з відносно великими розмірами (30x30 см та більше).

Ключові слова: сонячні елементи, сонячні батареї, вимірювальний комплекс, час вимірювань, освітленість, імпульсний блок, ксенонова лампа, модуль вимірювача

AUTOMATED SOFTWARE AND EQUIPMENT MEASURING COMPLEX

I.Sh. Nevlyudov, V.O. Pismenetsky, A.V. Frolov, Ya.S. Movsesian

At present, due to the sharp depletion of natural fossil fuel reserves for generating electrical and thermal energy acute problem of finding new alternative energy sources, one of which is the energy of the Sun. Photoelectric converters such as the basis for the creation of solar cells and solar panels used to produce solar electricity. The latter are widely used in modern measuring and household appliances. Therefore, the development of methods and tools for the measurement of solar cells and solar panels in the world pays much attention, due to the need for their validation in terms of increasing production. Automated software and equipment measuring complex designed for solar cell research on gallium arsenide heterostructures and silicon unijunction solar cells. In addition, it is possible to investigate solar cell modules with relatively large dimensions (30x30 cm and more).

Keywords: solar cells, solar panels, measuring complex, time measurement, illumination, switching power, xenon lamp, the meter module.