

УДК 681.3

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СПЕКТРАЛЬНЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ ОПТИЧЕСКИХ И ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛУПРОВОДНИКОВ

А.Л. МАРГАРЯН, А.Л. КЕСОЯН, В.М. АРУТЮНЯН

Ереванский государственный университет

(Поступила в редакцию 17 января 2006 г.)

Рассмотрена целесообразность создания автоматизированного комплекса для проведения физических экспериментов со сходной спецификой при использовании единого программного обеспечения. Описана автоматизированная система для исследования оптических, фотоэлектрических, фотоэлектрохимических свойств полупроводников. Показано неоспоримое преимущество такой системы с точки зрения повышения эффективности, точности и оперативности при проведении физических исследований.

1. Введение

Современный физический эксперимент характеризуется сложностью измерительного оборудования и большим объемом обрабатываемой информации. Дальнейшее развитие методов измерения с использованием все более разнообразной аппаратуры и оборудования практически невозможно без создания сложных автоматизированных систем. Это обеспечивает повышение производительности процесса измерений, исключение многочисленных «ручных» коммутаций органов управления, увеличение точности измерений, ускорение обработки экспериментальных данных и их вывод на дисплей или в память компьютера для визуализации или регистрации. Использование компьютера позволяет не только существенно расширить объем измеряемых и управляемых параметров, но и эффективно управлять экспериментом за счет возможности обработки получаемых данных в реальном времени, и, следовательно, корректировать условия эксперимента в ходе его выполнения. Многие выпускаемые сегодня измерительные установки, естественно, снабжены соответствующим программным обеспечением. Но, во-первых, они, как правило, предусмотрены для измерения конкретного параметра и, во-вторых, очень дороги.

Целью нашей работы являлось создание автоматизированной системы, объединяющей измерительные установки со сходной спецификой. В такой системе собраны измерения, входные параметры которых идентичны для каждого эксперимента, а отличаются лишь алгоритмы обработки данных и управления. В

данной работе описывается автоматизированная система для исследования оптических, фотоэлектрических, фотоэлектрохимических свойств полупроводников, разработанная в научно-исследовательской лаборатории физики полупроводниковых материалов и приборов Ереванского государственного университета. Система позволяет исследовать спектральные характеристики пропускания, отражения, поглощения, фотопроводимости, фототока через межфазную границу твердое тело – жидкость и фотолуминесценции различных полупроводниковых материалов и структур в широком диапазоне температур.

2. Методы исследования

Все вышеперечисленные исследования можно разделить на две группы. Первая – оптические измерения (пропускание, отражение, фотолуминесценция). В этом случае образец освещается монохроматическим излучением или лазером (в случае фотолуминесценции), а отраженный или прошедший свет регистрируется с помощью фотопреобразователя. Вторая группа – фотоэлектрические и гелиотехнические измерения. В этом случае исследуемый образец также освещается монохроматическим или интегральным светом, а измеряется уже фототок или напряжение. В обоих случаях для увеличения соотношения сигнал – шум используется модуляционный метод измерения [1].

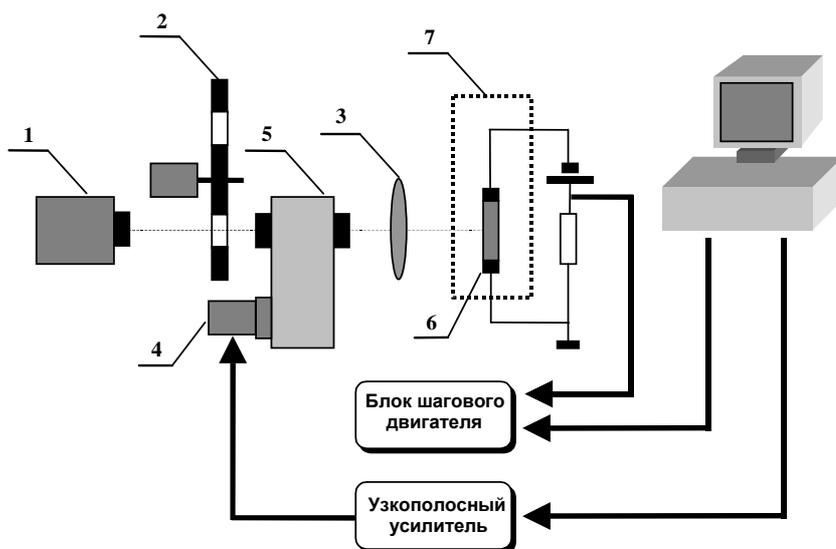


Рис.1. Экспериментальная установка для измерения спектральных характеристик фотопроводимости. 1 – источник света, 2 – модулятор, 3 – система линз, 4 – шаговый двигатель, 5 – монохроматор, 6 – образец, 7 – термостабилизирующий блок.

В процессе выполнения какого-либо из вышеперечисленных измерений в «ручном исполнении» за один час работы оператор может зафиксировать максимум

несколько десятков экспериментальных точек. Автоматизация же позволяет для каждого значения входного параметра получить несколько десятков тысяч экспериментальных значений с последующей математической обработкой.

На рис.1, например, приведена блок-схема автоматизированной экспериментальной установки для исследования спектральных зависимостей фотопроводимости. Как видно из рисунка, свет от источника (1), пройдя через механический модулятор (2) и монохроматор (3) фокусируется с помощью системы линз (4) на образец (6), помещенный в термостабилизирующий блок (7). Экспериментальная установка собрана на базе монохроматора МДР-23 и платы управления ACL-8112-PG производства фирмы Advantech. Изменение длины волны света осуществляется с помощью шагового двигателя (5) за счет управляющих цифровых импульсов с платы управления. Исследуемый сигнал поступает на вход АЦП платы управления.

3. Описание программного обеспечения

Для настройки и управления экспериментом и начальной обработки полученных данных создан пакет программного обеспечения в среде разработки Delphi [2,3]. Программа состоит из базовой библиотеки управления платой, программы тестирования платы расширения, программы тестирования и настройки ЦАП, программы тестирования и настройки управления шаговыми двигателями монохроматора, программы управления записью спектров. Базовая библиотека содержит описания символических команд и потоков, адреса устройств платы и процедуры инициализации и управления работой. С помощью этих функций производится установка режимов работы внешних устройств на плате (установка режимов работы портов ввода/вывода, выбор способа синхронизации, работа с таймерами, установка коэффициентов усиления, опрос флагов, работа с прерываниями и пр.).

Пакет программ построен по модульному принципу и содержит два основных модуля. Первый – это модуль описания портов ввода/вывода, инициализации устройства, выставления режимов работы и тестирования узлов, процедур чтения/записи ЦАП/АЦП. Второй модуль содержит логическую часть программы и, соответственно, управляет шаговым двигателем монохроматора, осуществляет процесс измерений и записывает данные, полученные при проведении измерений, определяет интерфейс пользователя. Такое разбиение пакета на модули позволяет с достаточной легкостью вводить в программу новые элементы и при необходимости изменять существующую конфигурацию.

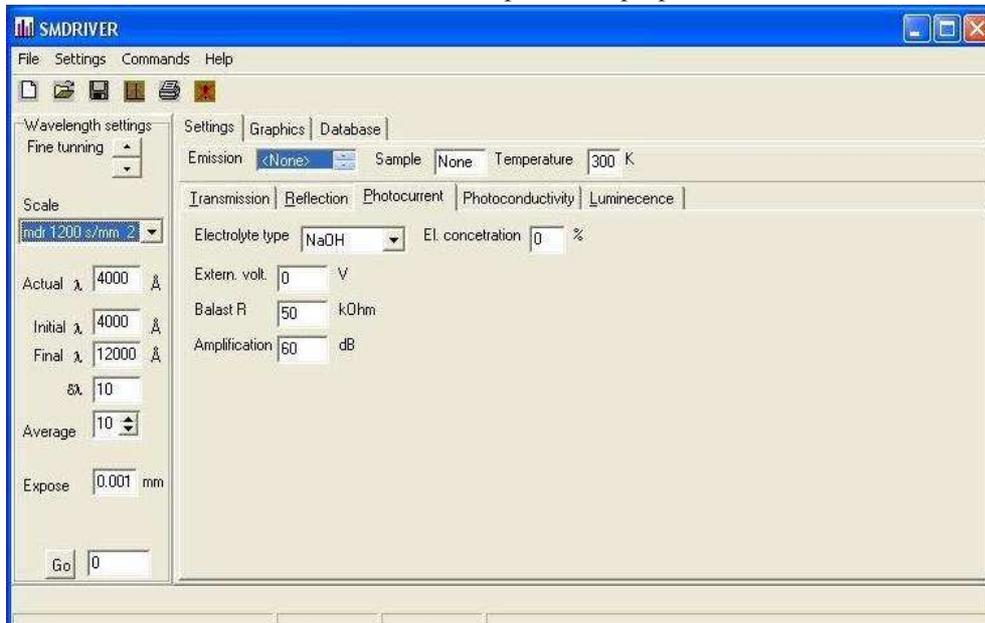
Плата управления представляет собой универсальный интерфейс ввода/вывода, совмещающий функции АЦП/ЦАП, таймера и цифрового ввода/вывода [4]. Интерфейс поддерживает до 16 каналов аналогового ввода, по 16 TTL/DDI каналов цифрового ввода/вывода информации, три программируемых 16-тибитных счетчика.

Как было упомянуто выше, автоматизированная система объединяет измерения, входные параметры которых идентичны. Для ввода входных параметров в

главном окне программы предусмотрена панель «Wavelength Settings», которая является общей для всех типов измерений. Главное окно программы показано на рис.2. В соответствующие поля этой панели устанавливаются значения текущей, начальной и конечных длин волн, а также информация о том, с каким шагом будут производиться измерения. В поле «Average» устанавливается число измерений при данной длине волны, по которым будет производиться усреднение. После того, как установлены исходные данные, на панели «Settings» выбирается окно, соответствующее данному типу измерения. Все возможные виды измерений в системе организованы в виде закладок: «Transmission», «Reflection», «Photocurrent», «Photoconductivity», «Luminescence».

Процесс измерения спектров пропускания и отражения является двухступенчатым – система сначала регистрирует спектр для подложки без образца (или же отражение от зеркала), а затем повторяет тот же процесс с образцом. Измерение спектров фотопроводимости и фототока является одноступенчатым, т.е. непосредственно измеряется полезный сигнал, поступающий на АЦП.

Рис.2. Главное окно рабочей программы.



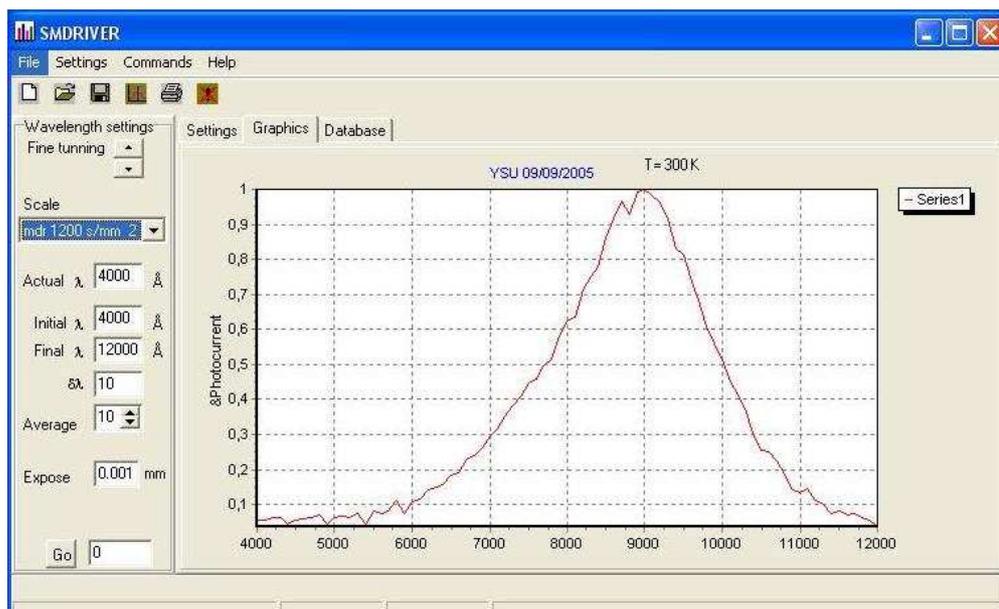


Рис.3. Диалоговое окно программы для визуализации результатов эксперимента.

Программа дает возможность визуализировать полученные результаты в виде графика, а также сохранить их в файле соответствующего формата для последующей обработки. На рис.3 показано диалоговое окно программы, в котором выводится графическая информация.

4. Выводы

Таким образом, разработанная нами автоматизированная измерительная система объединяет ряд оптических и фотоэлектрических измерений, проводимых на разных установках при использовании единого многофункционального программного обеспечения. Использование такой системы позволяет несравнимо сократить время, необходимое для проведения физического эксперимента. Кроме того, достигается значительное повышение точности за счет уменьшения влияния случайных погрешностей путем проведения многократных измерений с последующим усреднением их результатов, выявления и исключения грубых погрешностей, выведения на дисплей информации о числовых значениях погрешностей по ходу измерений. Так как программное обеспечение системы многофункционально, то это позволяет на одном и том же образце провести комплекс исследований, не изменяя начальных условий эксперимента, всего лишь выбрав соответствующую закладку интерфейса. Система позволяет оперативно визуализировать результаты измерений и сохранять полный объем информации для дальнейшей обработки в нужном формате.

Отметим также, что такой уровень автоматизации дает возможность использовать систему для дистанционного проведения измерений с помощью сети

Интернет, что сегодня становится все более актуальным.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Л.П.Павлов.** Методы измерения параметров полупроводниковых материалов. М., Высшая школа, 1987.
2. **Ч.Петзолд.** Программирование для Windows-95. том 1. Санкт-Петербург, BHV, 1997.
3. **Н.Б.Культин.** Основы программирования в Delphi-7. Санкт-Петербург, BHV, 2002.
4. ACL-8112 Series Manual Reference.

ԱՎՏՈՄԱՏԻԶԱՑՎԱԾ ՀԱՄԱԿԱՐԳ ԿԻՍԱՀԱՂՈՐԴԻՉՆԵՐԻ ՕՊՏԻԿԱԿԱՆ ԵՎ ՖՈՏՈԷԼԵԿՏՐԱԿԱՆ ՍՊԵԿՏՐԱԼ ԲՆՈՒԹԱԳՐԵՐԻ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅԱՆ ՀԱՄԱՐ

Հ.Լ. ՄԱՐԳԱՐՅԱՆ, Ա.Լ. ՔԵՍՈՅԱՆ, Վ.Մ. ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ

Քննարկված է միևնույն բնույթի ֆիզիկական փորձեր իրականացնելու համար ընդհանուր ծրագրային ապահովում ունեցող ավտոմատիզացված համալիրի ստեղծման նպատակահարմարությունը: Նկարագրված է ավտոմատիզացված համակարգ՝ կիսահաղորդիչների օպտիկական, ֆոտոէլեկտրական, ֆոտոէլեկտրաքիմիական հատկությունների ուսումնասիրման համար: Ցույց է տրված այդպիսի համակարգի առավելությունը ֆիզիկական հետազոտությունների արդյունավետության, ճշտության և արագագործության բարձրացման տեսանկյունից:

AUTOMATED SYSTEM FOR INVESTIGATION OF SPECTRAL CHARACTERISTICS OF OPTICAL AND PHOTOELECTRIC PROPERTIES OF SEMICONDUCTORS

H.L. MARGARYAN, A.L. KESoyAN, V.M. AROUTIOUNIAN

Expediency of creation of an automated complex with the uniform software to carry out physical experiments with similar specificity is considered. The automated system for investigation of optical, photoelectric, photoelectrochemical properties of semiconductors is described. Incontestable advantage of such system from the point of view of physical research's efficiency, accuracy, immediacy, and visualization increase is shown.