

балансировка АЦП относительно нулевого значения.

– Кнопку установки автоматического запуска (4). По нажатию кнопки осуществляется запуск прибора по истечении заданного промежутка времени.

– Поле ввода интервала автоматического запуска (5).

– Кнопку включения/отключения записи измеренных значений и изменений состояния прибора в файл (6).

– Поле отображения и установки местоположения файлов результатов измерений и установок прибора (7,8).

– Кнопку выбора файлов (9,10).

– Поле установки интервала записи результатов измерений (11).

– Кнопку запуска установок из файла (12). По окончании установок индикация кнопки прекратиться.

– Кнопку запуска записи установок автоматического режима из файла (13). По окончании записи внутренней памяти прибора индикация кнопки прекратиться.

– Кнопку запуска автоматического режима (14).

– Кнопку остановки программы (15).

Особенностью устройства от его функциональных аналогов является возможность его

автономной работы. Это позволяет осуществлять испытания в таких условиях, в которых человеку нельзя находиться по соображениям его безопасности. Для реализации автономного режима программа МК помимо передачи данных в ПК записывает измеренные данные в флэш память МК, которые могут быть считаны в ПК после завершения испытания.

Разработанный источник питания использовался в измерительной системе при проведении испытаний ИС на радиационную устойчивость. Его основные характеристики:

– количество каналов: 8;

– диапазон выходного напряжения: от –6 до +6В;

– максимальный ток нагрузки - 110 мА;

– дискретность установки выходного Напряжения- 5мВ;

– программное управление значением тока ограничения;

– погрешность установки напряжения: +0.1% от максимальной величины;

– погрешность установки тока ограничения: +-1% от максимальной величины;

– защита от короткого замыкания;

– интерфейс USB 2.0.

УДК 681

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ КОНТРОЛЛЕР ДЛЯ СОПРЯЖЕНИЯ С КОМПЬЮТЕРОМ ПРИ БЕСКОНТАКТНЫХ МИКРОВОЛНОВЫХ ИЗМЕРЕНИЯХ ПАРАМЕТРОВ МАТЕРИАЛОВ

Поклонский Н.А., Сягло А.И., Шнитко В.Т., Ковалев А.И.

Белорусский государственный университет, Минск, Республика Беларусь

Ранее авторами была предложена схема установки с СВЧ-трактом для бесконтактного измерения электрических параметров небольших образцов [1]: представлено теоретическое обоснование методики измерений и проведены эксперименты, позволяющие детектировать проводимость образцов. Установка включает в себя СВЧ-тракт с рабочим резонатором, специализированный контроллер для сопряжения СВЧ-тракта с компьютером и программное обеспечение к нему. В данной работе представлено краткое описание специализированного контроллера.

Принцип работы СВЧ-тракта следующий: мощность генератора СВЧ через вентиль-фланец, аттенуатор и циркулятор подается в рабочий резонатор, частично отражается от резонатора и через циркулятор подается на детектор. В резонаторе имеются отверстия в виде запердельных волноводов, через которые может пролетать исследуемый образец. Пока образец находится в резонаторе, меняется собственная

частота [2] и коэффициент отражения мощности СВЧ-излучения резонатором [3], причем, эти изменения напрямую зависят от электропроводности образца. Сигнал напряжения с детектора поступает на специализированный контроллер.

Специализированный контроллер разработан для автоматизации эксперимента и может выполнять следующие функции:

- преобразование аналогового сигнала напряжения до 12 В, поступающего с детектора СВЧ-тракта, либо с другого источника, в цифровой вид и передача его на компьютер. Длительность принимаемого контроллером сигнала и частота дискретизации оцифрованного сигнала достигают 5 секунд и 6400 Гц;

- подачу (при необходимости) электропитания на внешний активный датчик сигнала;

- обеспечение питанием диодов Ганна, генерирующих СВЧ-излучение, с возможностью регулировки его уровня.

Внешний вид контроллера представлен на рисунке 1. Внутри корпуса контроллера закреплена печатная плата с передней и задней панелями. На передней панели расположены импульсный вход (ИБ, 1), индикаторы приема и передачи данных (2), разъем питания диодов Ганна (3), два разъема УН1 (4) и УН2 (5) для подсоединения к выходам усилителей напряжения датчиков. На задней панели имеется стандартный разъем DB-9M интерфейса RS-232 позволяющий подключить контроллер к COM-порту компьютера, и вход питания.

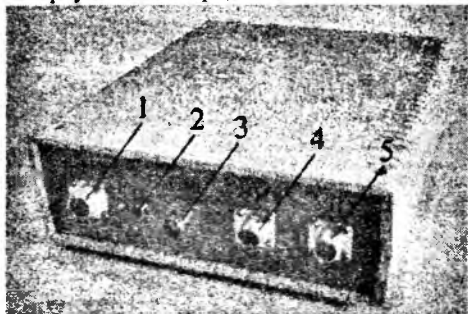


Рисунок 1 – Внешний вид специализированного контроллера для сопряжения СВЧ-тракта с компьютером

Структурная схема контроллера приведена на рисунке 2 и включает следующие узлы:

- блок питания (БП), формирующий из внешнего источника напряжения, постоянные напряжения, для работы контроллера;
- генератор контрольного сигнала (ГКС), предназначенный для внутренней проверки работоспособности модуля;
- усилители входного напряжения (УН1 и УН2), обеспечивающие подключение к контроллеру датчиков, выходной сигнал которых представляет собой напряжение;
- входные формирователи, обеспечивающие подключение к контроллеру импульсных датчиков с выходом типа «открытый коллектор» (выход 3 на рисунке 1), реализованы в контроллере при помощи логического элемента 2ИЛИ (1);
- источник тока смещения (ИТС), предназначенный для формирования тока для подачи на детекторную секцию;
- источник опорного напряжения (ИОН), необходимый для формирования эталонного напряжения для других узлов контроллера;
- аналого-цифровой преобразователь (АЦП), используемый для преобразования выходных сигналов усилителей в цифровую форму;
- источник питания диодов Ганна (ПитГ), формирующий постоянное напряжение на СВЧ-генераторе;
- микроконтроллер (МК), управляющий работой специализированного контроллера по командам, поступающим от компьютера;

- оперативное запоминающее устройство (ОЗУ), предназначенное для временного хранения данных, получаемых при опросе датчиков, подключенных к контроллеру;
- регистр состояний (РС), отдельные биты которого сохраняют сигналы, необходимые для задания режима работы отдельных устройств контроллера;
- устройство согласования интерфейсов (УСИ), обеспечивающее на физическом уровне согласование параметров интерфейсов RS-232 и последовательного интерфейса обмена данными универсального асинхронного приемопередатчика (UART), входящего в состав МК;
- устройство индикации (УИ), которое с помощью светодиодных индикаторов показывает прохождение по линии связи принимаемых и передаваемых данных.

Управление функциями и сигналами специализированного контроллера осуществляется программой, компилируемой в стандартном IntelHEX-формате и загружаемой в микроконтроллер на этапе его программирования. Программа хранится в энергонезависимой памяти типа Flash микроконтроллера AT89C51RB2, производства фирмы “Atmel”.

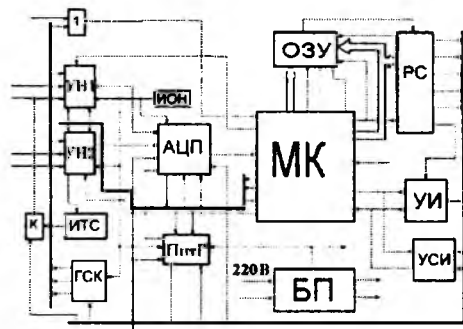


Рисунок 2 – Структурная схема специализированного контроллера

Специализированный контроллер работает под управлением компьютера, выполняя команды и запросы, поступающие от него по интерфейсу RS-232. Обмен информацией между контроллером и управляющим компьютером осуществляется по принципу «запрос-ответ» с использованием протокола Modbus/ASCII [4]. Контроллер поддерживает функции 03, 05, 06, 08 и 14 протокола.

Подавая с управляющего компьютера на контроллер функцию 06, можно установить параметры режимов работы отдельных узлов контроллера: диапазон входных сигналов, напряжение питания диодов Ганна, ток на детекторе, частоту дискретизации f_{discr} , скорость обмена дан-

ными с компьютером (*BaudRate*), число блоков реализации одного измерения N_{blocks} (один блок данных содержит 32 двухбайтных отсчета входного сигнала). С помощью функции 03 можно получить информацию об этих параметрах. При включении контроллера устанавливаются $f_{\text{discr}} = 6400$ Гц и $BaudRate = 19200$ бит/с.

Функция 05 позволяет включить или выключить диоды Ганна, ток на детекторе, установить активное или пассивное состояние УН1.

Функция 14 позволяет передать на СОМ-порт компьютера блок данных измерений, хранящихся в буферном ОЗУ контроллера.

Примерный порядок работы СВЧ-тракта, специализированного контроллера и компьютера следующий:

С помощью функций 03 или 06 согласуются параметры компьютера и контроллера. С помощью функции 05 включаются диоды Ганна и ток на детекторном диоде.

Для проведения одного измерения необходимо либо с помощью функции функцией 05, либо, подав импульс на ИВ, установить активное состояние УН1 контроллера. Во время измерения данные УН1 оцифровываются АЦП и записываются в буфер ОЗУ контроллера. Для $N_{\text{blocks}} = 64$ и $f_{\text{discr}} = 6400$ Гц время измерения $T_{\text{mea}} = 32 \cdot N_{\text{blocks}} / f_{\text{discr}}$ равно $T_{\text{mea}} = 0.32$ с, что существенно превышает время пролета образца через резона-

тор ($\approx 10 \div 20$ мкс [1]) и в то же время обеспечивает достаточное число отсчетов измерения ($N_{\text{blocks}} \cdot 32 = 2048$) для дальнейшего анализа. После измерения необходимо с помощью функции 14 передать данные из буферного ОЗУ контроллера на СОМ-порт компьютера.

Измеренные временные профили коэффициента отражения мощности СВЧ-излучения резонатором, получаемые при пролете через резонатор образцов, представлены в работе [1].

Работа выполнена при частичной поддержке подпрограммы «Кристаллические и молекулярные структуры» РБ.

1. Поклонский, Н.А. Экспресс-методика бесконтактного измерения электрических параметров небольших образцов на сверхвысоких частотах / Н.А. Поклонский и др. // Приборы и Методы Измерений. - 2013. - С.64-71.
2. Seidel, H. Frequency shifts in cavities with longitudinally magnetized small ferrite discs / H. Seidel, H. Boyet // The Bell System Technical Journal. - 1958. - Vol. 37, No. 3. - P. 637-655.
3. Милованов, О.С. Техника сверхвысоких частот / О.С. Милованов, Н.П. Собенин - М.: Атомиздат, 1980. - 464 с.
4. Modicon Modbus Protocol Reference Guide. - MODICON, Inc., Industrial Automation Systems, 1996. - 115 p.

УДК 51-73

РАЗРАБОТКА 4-Х СЕНСОРНОЙ ГАЗОВОЙ МИКРОСИСТЕМЫ НА ПОДЛОЖКАХ ИЗ ПОРИСТОГО АНОДНОГО ОКСИДА АЛЮМИНИЯ

Реутская О.Г.¹, Белогуров Е.А.², Таратын И.А.¹, Хатько В.В.²

¹ОАО Минский НИИ радиоматериалов, Минск, Республика Беларусь

²Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь

Одним из перспективных решений, применяемых для повышения селективности газовых сенсорных систем, является создание матриц из сенсоров (мультисенсорные системы), имеющих различные физические свойства и (или) параметры чувствительного слоя. Изготовление модуля химических сенсоров на одном кремниевом кристалле (Lab-on-a-chip) является одним из перспективных направлений в развитии газовой сенсорики.

К настоящему моменту в мире существует несколько технологий создания мультисенсорных систем. Первая из них разработана в исследовательском центре университета г. Карлсруе (University of Karlsruhe) и использует матрицу из 39 сенсоров, сформированных путем нанесения системы полосковых микроэлектродов на поверхность чувствительной полупроводниковой пленки и ее

пространственно-неоднородный нагрев с помощью микронагревателей. Различная температурная зависимость отклика полупроводниковой пленки для каждого газа позволяет по набору сопротивлений элементов матрицы провести анализ состава атмосферы окружающей мультисенсорную систему. Недостатком данной технологии является высокое энергопотребление данной сенсорной системы. Вторая технология создана в Национальном центре микроэлектроники (CNM) в г. Барселона. С помощью этой технологии на диэлектрической мембране, созданной путем объемного травления кремниевой подложки, размещаются четыре химических сенсора, имеющих попарно различную систему встречно-штыревых электродов. Недостатками данной мультисенсорной системы являются нестабильность параметров поликремнивого