

УДК 681.3:539.2

Программное обеспечение системы автоматизации модуля роста пленок. Мехин Н.Н. // Научное приборостроение. Приборы и средства автоматизации для научных исследований. Л.: Наука, 1987, с. 82-88.

Рассматривается структура, управление диалогом, характеристика специального программного обеспечения системы автоматизации модуля роста пленок. Лит. - 1 назв., ил. - 1.

Н.Н.Межин (ИТО АН СССР)

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ МОДУЛЯ РОСТА ПЛЕНОК

Модуль роста пленок входит в состав установки молекулярно-пучковой эпитаксии (МПЭ), предназначенной для выращивания в контролируемых условиях и исследований полупроводниковых пленочных структур. Система автоматизации (СА), рассмотренная в предыдущей статье, реализована в виде специального программного обеспечения (ПО).

1. Структура ПО СА

ПО СА реализовано в среде операционной системы ОС РВ 2.1. Основу ПО составляют подсистемы, которые оформлены в виде набора задач.

Инициатор СА предназначен для подготовки ПО СА и модулей КАМАК СУ к функционированию и запускается оператором установки МПЭ в начале работы с модулем роста пленок. После запуска инициатор СА последовательно выполняет следующие действия:

1) устанавливает в управляющей программе операционной системы (УП ОС) параметры разделяемой общей области и задач ПО СА. Разделяемая общая область представляет собой некоторую область оперативной памяти вычислительной машины, на которой реализована СА, имеющую определенную при проектировании ПО СА структуру и не меняющую своего содержимого при переходе от задачи к задаче. Включенные в структуру области переменные могут использоваться последовательно несколькими задачами ПО;

2) выполняет задачу начальной установки и контроля функционирования модулей КАМАК СУ;

3) формирует на экране терминала ЭЕМ запрос-меню выбора режима работы модуля роста пленок (подсистемы);

4) вводит и анализирует ответ оператора;

5) в зависимости от ответа оператора запускает задачу или последовательность задач, реализующих работу с модулем в выбранном режиме;

6) при необходимости завершения работы с модулем роста пленок запускает задачу выключения АЧ модуля;

7) в случае ввода ошибочного ответа информирует об этом оператора и повторяет формирование запроса-меню выбора режима работы.

Перед запуском задач ПО СА, обеспечивающих взаимодействие с АЧ модуля роста пленок, инициатор СА предварительно запускает вспомогательную задачу, которая анализирует описанную в СА конфигурацию модулей КАМАК СУ и записывает в разделяемой общей области их параметры.

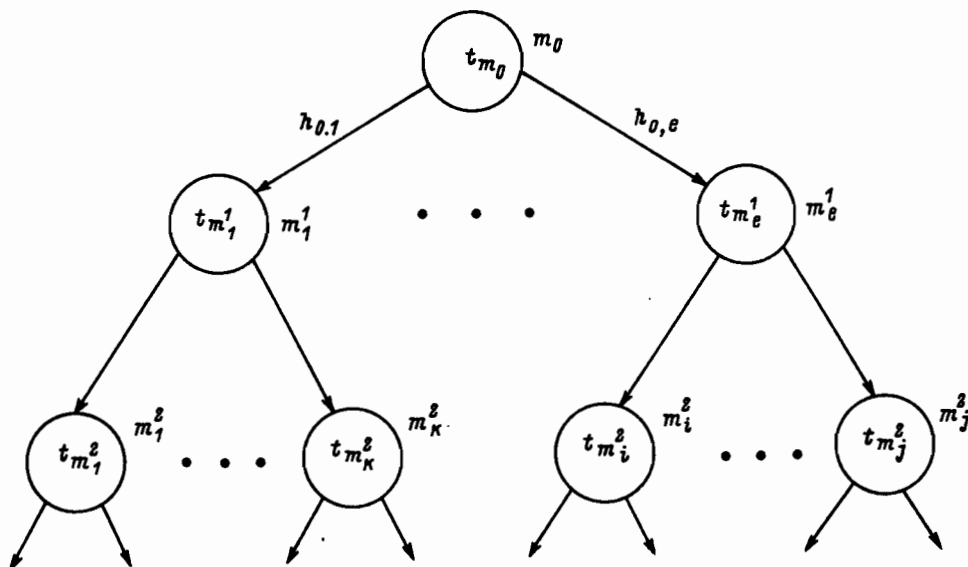
Выделенные в ПО СА подсистемы предназначены для управления модулем при проверке его функционирования, подготовке к работе и выращивании пленочных структур.

Кроме того, они обеспечивают возможность формирования информации, необходимой для работы СА в указанных режимах. Каждая подсистема реализована в виде одной или нескольких взаимодействующих задач.

2. Взаимодействие задач ПО СА

Рассмотрим организацию взаимодействия задач ПО СА модуля роста пленок. Обозначим через T - множество задач ПО СА, а через $\Gamma (M, N)$ - ориентированный граф их взаимодействия, где M - множество вершин и N - множество дуг графа. Каждой вершине $m_i \in M$ поставим в соответствие некоторую задачу $t_{m_i} \in T$, а дуге $h_{ij} \in N$, направленной от вершины m_i к вершине m_j - существование возможности инициирования задачей $t_{m_i} \in T$ задачи $t_{m_j} \in T$.

Граф взаимодействия задач ПО СА модуля роста пленок имеет древовидную структуру, а его общий вид показан на рисунке. Назовем уровнем L в графе взаимодейст-



Общий вид графа взаимодействия задач ПО СА

вия $\Gamma (M, N)$ подмножество вершин $M_L = \{m_i^L\}$, ($m_i^L \in M$) таких, что

$$l(m_0, m_i^L) = L,$$

где $l(a, b)$ - длина пути от вершины a к вершине b графа взаимодействия. Задачи $t_{m_i^L}$, соответствующие вершинам подмножества M_L , назовем задачами уровня L . Задачи уровня L характеризуются тем, что:

1) они могут быть запущены только задачами уровня $L-1$. Задачи уровня 1 запускаются инициатором СА;

2) приоритеты таких задач равны;

3) приоритеты задач уровня L выше приоритетов задач уровня $L-1$.

Такое распределение задач ПО СА по уровням обеспечивает возможность задаче уровня $L-1$ при необходимости активизировать средствами УП ОС задачу уровня L . Достоинством этого способа является простота разработки и отладки системы взаимодействующих задач за счет использования возможностей УП ОС по управлению задачами.

К недостаткам следует отнести временные накладные расходы, связанные с работой УП ОС при перезагрузке задач в процессе передачи управления между задачами и проявляющиеся в снижении быстродействия ПО СА.

Уменьшение числа уровней L дает возможность повышения быстродействия ПО СА, но приводит к необходимости построения многофункциональных задач, требующих больших объемов оперативной памяти ЭМ. Ограничения, накладываемые на максимальный допустимый размер задачи объемом оперативной памяти, заставляют строить также задачи с использованием оверлейных структур, что в значительной степени затрудняет разработку и отладку ПО СА. В связи с этим максимальное число уровней должно определяться в процессе проектирования ПО СА с учетом:

- удовлетворения требований к ПО СА по быстродействию;
- доступных объемов оперативной памяти ЭМ;
- трудоемкости разработки и внесения модификаций.

В рассматриваемом ПО СА максимальное число уровней L равно трем. Каждая задача ПО СА, относящаяся к уровню I , является основной задачей, организующей работу СА в некотором заданном режиме, и получает управление в процессе работы инициатора СА. При проектировании ПО задачи выделялись по функциональному принципу, а для удовлетворения ограничений на доступный объем оперативной памяти ЭМ при необходимости использовались оверлейные структуры.

Взаимодействие между задачами по данным организуется двумя способами. Для получения требуемого процессами АЧ быстродействия часто используемые во многих задачах переменные размещаются в разделяемой общей области. Поскольку разделяемая область постоянно находится в оперативной памяти ЭМ такой способ обмена обеспечивает максимально быстрое взаимодействие между задачами ПО СА по данным.

Для обмена между задачами большими объемами информации используется база данных СА (БД СА). При этом обмен данными выполняется порциями, длина которых определяется в процессе проектирования ПО СА, исходя из структур данных и доступных задаче объемов оперативной памяти. Для обеспечения защиты хранимой в БД информации, задачи ПО СА построены таким образом, что могут иметь доступ к БД СА для чтения и записи информации, только для чтения информации и не иметь доступа к БД.

3. Система управления диалогом ПО СА

В процессе функционирования ПО СА модуля роста пленок должно обеспечивать диалоговый режим работы, что объясняется:

- 1) сложностью процессов автоматизированного управления;
- 2) требованием предоставления оператору в процессе работы возможности управления элементами АЧ и получения информации о текущем состоянии АЧ модуля;
- 3) сложностью структур данных, описывающих параметры выращиваемых в модуле пленочных структур, и необходимостью их частой модификации.

В рассматриваемом ПО СА диалоговый режим организуется распределенной по задачам диалоговой системой (ДС). ДС запускается автоматически одновременно с запуском инициатора СА.

В процессе своей работы ДС организует с оператором через терминал ЭМ диалог типа меню (см. предыдущую статью).

Запрос-меню дает возможность оператору выбрать дальнейшее действие из некоторого множества возможных действий. После ввода ответа оператора и проверки его на допустимость ДС организует выполнение выбранного оператором действия. Общий формат формируемого ДС запроса-меню имеет следующий вид

ВОЗМОЖНЫЕ ДЕЙСТВИЯ:

1 - действие 1

i - действие i

n - действие n

УКАЖИТЕ ДЕЙСТВИЕ [Д: 1-n У: n] :,

где действие i - текст, поясняющий действия ПО СА при вводе оператором на за-прос-меню ответа i ,

n - максимальное число возможных действий в одном запросе-меню (в настоящей версии ДС $n \leq 10$).

Запись в квадратных окобках последней строки текста запроса-меню является подсказкой оператору, содержит два поля Д и У и означает:

1) поле Д: 1-n - допустимый диапазон значений ответа оператора;

2) поле У: n - значение ответа, принимаемое ДС по умолчанию, т.е. при вводе пустой строки (нажатие символа ВОЗВРАТ КАРЕТКИ (VK) непосредственно после вывода текста запроса-меню). Например, при работе с квадрупольным масс-спектрометром (МС), который используется в установке МПЭ в качестве датчика дифференциальной относительной интенсивности (см. предыдущую статью), ПО СА формирует на экране терминала ЭМ следующий запрос-меню:

ВОЗМОЖНЫЕ ДЕЙСТВИЯ:

1 - ИНИЦИАЛИЗАЦИЯ ФАЙЛА СПРАВКИ

2 - СНЯТИЕ СПЕКТРА

3 - ОТОБРАЖЕНИЕ СПЕКТРА (СПЕКТРОВ)

4 - ПОЛУЧЕНИЕ СПРАВКИ О СПЕКТРАХ

5 - НАЧАЛЬНАЯ КАЛИБРОВКА МС

6 - УСТАНОВКА КОДА ИДЕНТИФИКАЦИИ

7.- ЗАВЕРШЕНИЕ РАБОТЫ

УКАЖИТЕ ДЕЙСТВИЕ [Д: 1-7 У: 7] : .

Запрос-альтернатива предоставляет оператору возможность выбора одного из двух возможных действий-альтернатив. Общий формат формируемого ДС запроса - альтернативы имеет следующий вид:

текст альтернативы ? [Д/Н < ВК >] : ,

где текст альтернативы - текст, определяющий альтернативное действие.

Запись в квадратных скобках текста запроса-альтернативы является подсказкой оператору и означает:

1) допустимый диапазон значений ответа оператора - символы Д (ДА) и Н (НЕТ);

2) значение, принимаемое ДС по умолчанию - символ Н.

Примером формируемого ПО СА запроса-альтернативы может одужить запрос ИСТОЧНИКИ ВЫКЛЮЧАТЬ? [Д/Н < ВК >] : .

Запрос значения параметра формируется ДС для получения от оператора значений параметров, необходимых для дальнейшей работы ПО СА. ДС формирует три типа таких запросов значения параметров, относящегося к:

вещественному типу,

целому типу,

символьному типу.

Независимо от типа запроса все они имеют одинаковый формат следующего вида:

текст запроса [Д: d_1 - d_2 У: d_y] : ,

где текст запроса - текст, содержащий смысловое определение запрашиваемого параметра.

Смысл записи в квадратных скобках такой же, как и в запросе-меню. Примеры:

1) запрос значения параметра целого типа

ЧИСЛО ОТОБРАЖАЕМЫХ СПЕКТРОВ [Д: 1-2 У:1] : ,

2) запрос значения параметра вещественного типа

НАЧАЛЬНЫЙ КОД ЦГН [Д: 0.0-100.0 У:0.0] : ,

3) запрос значения параметра символьного типа

ИМЯ УСТРОЙСТВА ПЕЧАТИ [Д: LP0-LP1 У:LP0] : .

Особенностью ДС является то, что она встроена непосредственно в ПО СА на этапе его построения. Достигается это с помощью специального препроцессора макроопределений.

Препроцессор макроопределений предназначен для генерации на этапе преобразования фрагментов программ по информации, содержащейся в исходной программе и тексте макроопределения. Макроопределения размещаются в специальной библиотеке. Информация, записанная в макроопределениях в специальной форме, может быть непроецедурной (например, невыполняемые операторы описания типов переменных), процедурной (например, фрагменты программ, содержащие только выполняемые операторы) и сочетать в себе оба приведенных типа. Макроопределения могут содержать в себе макропараметры, позволяющие модифицировать текст макроопределения при генерации из него фрагмента программы.

При работе с препроцессором макроопределений в исходные тексты программ в требуемых местах включаются ссылки на имена макроопределений и, при необходимости, фактические значения макропараметров. В процессе обработки исходного текста препроцессор преобразует с учетом фактических значений макропараметров информацию макроопределений во фрагменты программ и размещает их в точках ссылок на ответотвующие макроопределения. Результатом работы препроцессора является текст программы со встроенными макроопределениями, подготовленный для обработки транслятором. Запуск транслятора препроцессором выполняется автоматически. При разработке больших программных систем метод препроцессирования обеспечивает возможность построения в них легко модифицируемых быстродействующих подсистем, таких как управления диалогом и базой данных.

Для построения ДС рассматриваемого ПО СА в библиотеку макроопределений включаются общие формы всех рассмотренных типов запросов ДС. В текстах исходных программ в точках формирования запросов размещаются ссылки на имена требуемых в зависимости от типа запроса макроопределений с фактическими значениями макропараметров (тексты запроса, диапазон допустимых значений ответа оператора, значение по умолчанию и т.д.). В результате препроцессирования элементы ДС встраиваются непосредственно в отдельные программы ПО СА.

Для обеспечения гибкости процесса управления диалогом в ДС предусмотрен режим управления диалогом. Переход в этот режим может быть выполнен при вводе ответа на любой запрос ДС. Для этого в качестве ответа на запрос необходимо ввести некоторый специальный символ (в данной реализации ДС таким символом является **CNTR/Z**). В режиме управления диалогом возможно выполнение следующих действий:

переход на предыдущие запросы;

выход из текущей задачи;

выход из текущего режима;

запуск допустимой задачи и т.д.

Множество допустимых в режиме управления диалогом действий для каждого за-

проса определяется при проектировании ПО СА, описывается с помощью макроопределений и включается в ПО на этапе препроцессирования исходных программ.

4. БД и система управления БД

БД ПО СА содержит следующую информацию:
параметры модулей КАМАК СУ и конфигураций измерительных каналов СУ;
описания параметров выращиваемых структур;
калибровочные параметры;
обзорные спектры масс остаточных газов в камере роста пленок;
справочные данные по содержанию БД.

На этапе проектирования ПО СА все данные были объединены в структуры по принципу максимальной связности данных в структуре при их использовании в процессе управления АЧ. В результате этого:

структуры характеризуются независимостью по данным;
поиск данных сводится к поиску структуры;
работа с БД ведется на уровне структур или их частей в случае большого объема информации в структуре.

В настоящее время БД рассматриваемого ПО СА содержит 12 различных структур, по которым распределено около 60 параметров.

Рассмотренный подход к построению БД позволил предельно упростить СУ БД, максимально используя при этом возможности файловой системы ОС, в среде которой реализовано ПО СА.

Элементы СУ БД распределены по задачам аналогично элементам ДС и включают в себя операции чтения и записи структур данных. Встраивание элементов СУ БД в ПО СА выполняется на этапе препроцессирования аналогично построению ДС.

5. Характеристики ПО СА

Кроме перечисленных в предыдущей статье отметим следующие характеристики ПО СА:

1) в режиме работы с ИМС ПО СА обеспечивает:
начальную (предварительную) калибровку ИМС по произвольному числу точек, автокалибровку ИМС по предварительно заданным оператором массам автокалибровки. Число масс - до 50;

снятие спектров масс остаточных газов в камере роста пленок в диапазоне масс от 1 до 350 с числом точек на пик до 115;

число различных помещаемых в БД спектров - до 20;

при снятии спектров число усреднений в точке спектра - до 100, число усреднений по диапазону - до 10;

время снятия информации о пике (при числе точек на пик - 115, числе усреднений в точке - 50 и числе усреднений по диапазону - 4) - 20 с;

анализ процентного состава остаточных газов в камере роста по снятым спектрам;

различные режимы отображения снятых спектров, в том числе получение линейчатого обзорного спектра, нормализованного спектра [1], информации об интенсивности пика, интенсивности в точке спектра и т.д.

2) в режиме управления АЧ при выращивании структур ПО СА обеспечивает:

по описаниям параметров выращиваемой структуры формирование программ роста и управление по этим программам до 8 молекулярных источников;

в процессе управления ростом структур получение с помощью КМС информации об интенсивности молекулярных пучков работающих источников.

Характеристики и возможности разработанного ПО СА показали эффективность использования метода препроцессирования для построения распределенных ДС и СУ БД в СА приборов для научных исследований. В настоящее время ведутся работы в развитие препроцессора с целью улучшения его характеристик и получения новых функциональных возможностей.

ЛИТЕРАТУРА

Донстон Р. Руководство по масс-спектрометрии для химиков-органиков. М.: Мир, 1975. - 234 с.

А.А.Барташ, О.Е.Наний (Центр автоматизации научных исследований и метрологии АН МССР)

РЕЗУЛЬТАТЫ РАЗРАБОТКИ ТИПОВЫХ МЕТОДИКИ И АЛГОРИТМА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ПОВЕРКИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ КОД-ВРЕМЯ

Требования к построению, содержанию и изложению нормативно-технического документа (НТД) на методики поверки средств измерений в настоящее время установлены [1]. Этот документ, пересмотренный сравнительно недавно, рассчитан на ручные методы поверки и совершенно не учитывает особенностей, появляющихся при ее автоматизации. Единственное, что в нем предусмотрено для этого случая - оформление в виде справочного приложения программы обработки результатов измерений на ЭМ.

Однако процедура автоматизированной поверки существенно отличается от ее ручного варианта. При автоматизированной поверке участие поверителя в ней сводится, главным образом, к подготовке образцовых средств измерений и вспомогательных средств к поверке, сбору схемы поверки, запуску системы, выполнению некоторых других ручных операций и ответам на вопросы, высвечиваемые на экране дисплея. Остальные наиболее трудоемкие операции поверки (коммутация схемных элементов, подача сигналов, обработка результатов измерений) проходят в автоматизированном режиме без вмешательства поверителя. Поэтому, если рассматривать методические указания как руководство поверителю, в них нет необходимости приводить описание известной разработчику методики физической сути операций опробования, определения метрологических характеристик, и процедуру обработки результатов измерения, поскольку для действий поверителя этого не требуется.

С другой стороны, отсутствие описания этих операций затрудняет понимание методики поверки, необходимое при ее метрологической экспертизе, согласовании в организациях Госстандарта и т.п.

Следует учитывать, что при автоматизированной поверке предъявляются более высокие требования к поверителю. Ему необходимо иметь не только метрологическую подготовку, но и обладать знаниями по вычислительной технике, умением на ней работать.

Другими словами, при автоматизированной поверке поверитель одновременно становится оператором ЭМ и должен пользоваться не только методическими указаниями, но и "Руководством оператора" [2]. Эти документы, как правило, разрабатываются