

**СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ**

Дубна

CERN LIBRARIES, GENEVA



SCAN-2001017

P10-99-192

И.К.Взоров, А.В.Калмыков, С.А.Коренев,
В.Ф.Минашкин, В.В.Сиколенко

АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА
ЭКСПРЕСС-АНАЛИЗА ОБЛУЧАЕМЫХ ОБРАЗЦОВ

1999

Введение

Под воздействием облучения сильноточным импульсным пучком электронов и ионов в локальных приповерхностных областях образца происходит повышение температуры до 2000-3000 К.^{14/} Распределение термического градиента приводит к появлению ударной волны высокого давления. Это давление может достигать 1-10 ГПа.^{15/} Всё это воздействует на облучаемый образец, изменяет его структуру. Для изучения физических процессов, протекающих в образцах под воздействием таких факторов, необходимо произвести измерение и анализ электрических параметров, в первую очередь вольт-амперных характеристик, удельного сопротивления, ёмкостных характеристик. При облучении полупроводниковых образцов экспериментально снятая зависимость ёмкости от напряжения смещения позволяет определять концентрацию доноров, величину контактного потенциала и получать информацию о внутренних глубоко лежащих примесных уровнях. Результаты измерений ёмкости, как функции частоты, широко используются для определения времён релаксации, соответствующих различным ловушечным состояниям.

Система экспресс-анализа (СЭА), созданная в ЛСВЭ ОИЯИ для совместной работы с импульсным сильноточным источником электронов и ионов (ИСИЭИ)^{11/} предназначена для автоматического измерения электрических параметров облучаемых образцов, что позволяет оперативно вводить коррективы в режимы облучения. Измерительная система СЭА автоматически снимает вольт-амперные характеристики плёночных структур металл-диэлектрик-полупроводник, измеряет четырёх зондовым методом удельное сопротивление, измеряет ёмкостные параметры образца, позволяет снимать вольт-фарадную характеристику на фиксированных частотах в диапазоне от 1-500 кГц.

Аппаратура СЭА выполнена в стандарте КАМАК и занимает один крейт. На рис. (1) показана блок-схема конфигурации системы экспресс-анализа. Снятие вольт-амперных характеристик и измерение удельного

сопротивления образца осуществляется блоком ВАХ совместно с блоком УСМ. Ёмкостные параметры и вольт- фарадные характеристики

измеряются блоком ВФХ. Выходные сигналы блока УСМ и блока ВФХ через мультиплексор КК04^{3/}

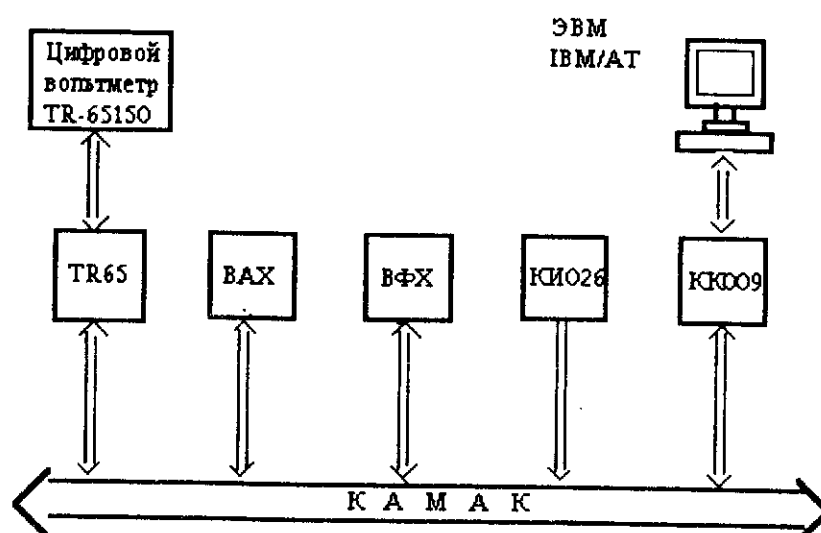


Рис.1. Структурная блок-схема системы СЭА

заводятся для измерения на цифровой вольтметр TR65150, который через адаптер TR65 подключен к магистрали КАМАК. В качестве управляющей ЦВМ используется компьютер типа IBM/AT, подключенный через контроллер КК009 и платы связи ПК009. Пакет программ, поддерживающий работу СЭА, обеспечивает управление аппаратурой всей системы, осуществляет предварительную обработку с выводом на печать, заносит результаты

измерения в базу данных, являясь частью общего программного обеспечения установки ИСИЭИ.

Измерение вольт - амперных характеристик

Снятие вольт-амперной характеристики образца осуществляется блоками ВАХ и УСМ, выполненными в стандарте КАМАК. В блоке ВАХ сосредоточено управление, а в блоке УСМ находятся : усилитель мощности , усилитель высокого напряжения и источник высокого напряжения на 300В.

Технические характеристики блока ВАХ:

Диапазон задания напряжения: 1-200В;

Шаг дискретного напряжения: 0,05В для $U < 20В$;

0,5В $U > 20В$;

Точность задания напряжения: 0,25%

Количество точек измерения: $n = [(U_{\max} - U_{\min}) / U_{\text{шаг}}] + 1$;

Время измерения 1 точки: $t = 0,4\text{сек}$;

Блок “вольт - амперных характеристик “(ВАХ) работает в следующих режимах:

- измерение тока по заданному напряжению;
- снятие вольт-амперной характеристики;
- измерение удельного сопротивления.

В режиме снятия вольт-амперной характеристики, как исходные данные, задаются параметры:

- минимальное заданное напряжение U_{\min} ;
- максимальное заданное напряжение U_{\max} ;
- напряжение шага смещения $U_{\text{шаг}}$.

На рис.2 показана функциональная схема блока ВАХ. Управляемый источник напряжения построен на базе десяти разрядного цифро-аналогового преобразователя (ЦАП) К572ПА1. Аналоговый сигнал с выхода ЦАП передаётся в блок УСМ, где находится силовая часть управляемого источника напряжения.

На вход мультиплексора М приходят сигналы от блока УСМ с делителей напряжения, с измерительных токовых шунтов, Управление мультиплексором осуществляется буферными регистрами БРК2, БРК3, БРК4.

Команды КАМАК блока ВАХ в режиме измерения вольт-амперной характеристики:

F(0)A(0) - контроль данных, записанных в буферный регистр БРД;

F(4)A(0) - режим измерения вольт-амперной характеристики;

F(5)A(0) - обратный ток через нагрузку (реверс тока);

F(6)A(0) - прямой ток через нагрузку;

F(7)A(0) - подключение усилителя УС200;

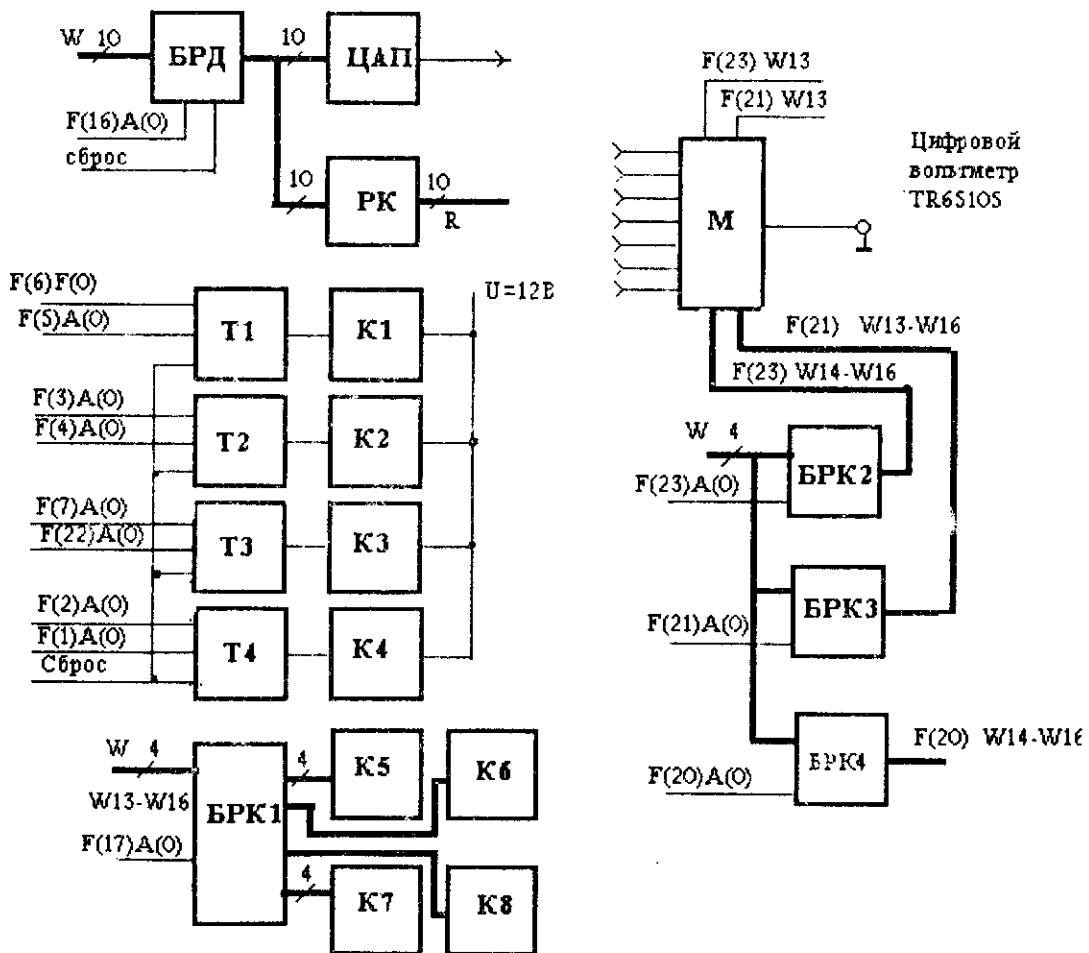


Рис. 3.2. Функциональная схема блока ВАХ

F(16)A(0) - запись данных в регистр БРД;

F(18)A(0) - подключение измерительных токовых шунтов;

F(21)A(0) W13 - подключение АЦП (делитель на выходе усилителя УС24);

F(22)A(0) - подключение усилителя УС24;

F(23)A(0) W13=1 - подключение АЦП (делитель на выходе усилителя УС200);

W14=1 - подключение АЦП ($R_{ш}=1 \text{ Ом}$).

W15=1 - подключение АЦП ($R_{ш}=100 \text{ Ом}$)

W16=1 - подключение АЦП ($R_{ш}=1000 \text{ Ом}$).

W=0 - отключение АЦП.

На рис.3 показана функциональная схема блока УСМ. С выхода усилителя УС200 снимается напряжение $U(\text{max})=200\text{В}$ с минимальным дискретным шагом $U(\text{шаг})=0,5\text{В}$. Мощность усилителя 20Вт; ток $I=10 \text{ мА}$. Для облучаемых полупроводниковых образцов при снятии вольт-амперной характеристики требуется минимальный дискретный сигнал смещения

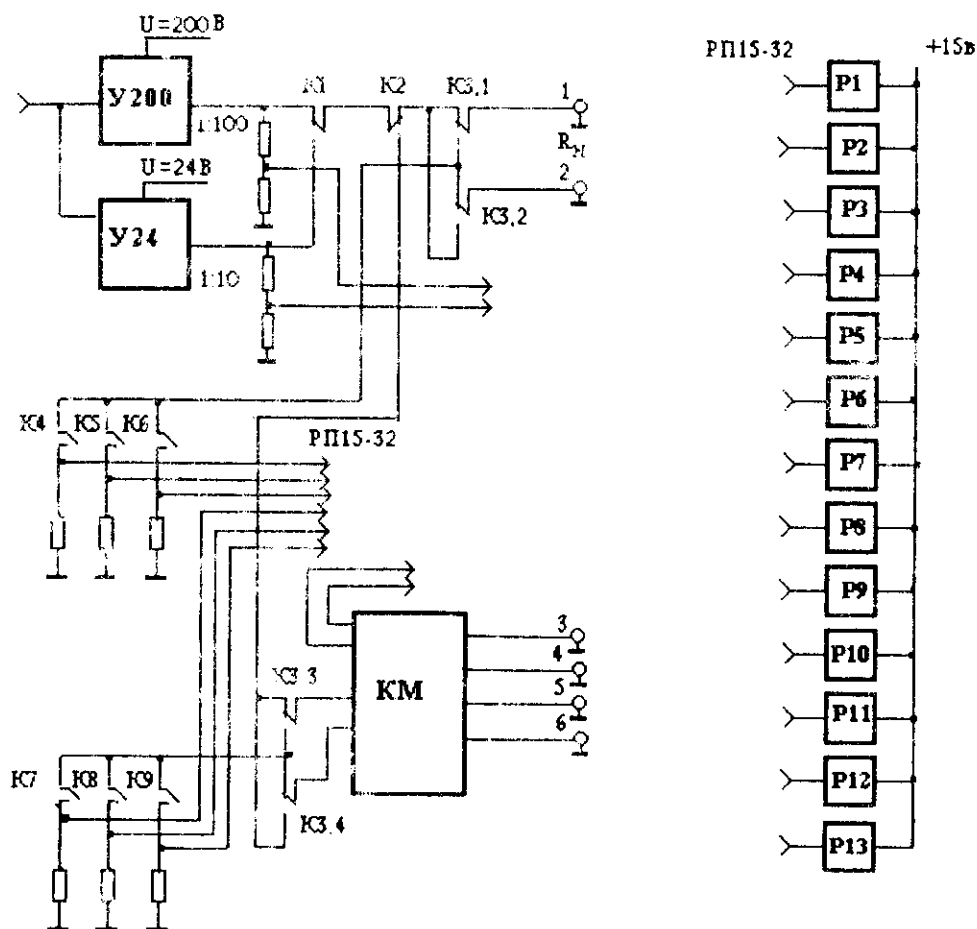


Рис.3. Функциональная схема блока УСМ

Ушаг=0,05В. Такой сигнал формируется на усилителе мощности УС24 ($I_{n\max}=1A$; $U_{\max}=20В$; $P=20Вт$). Коммутация нагрузки посредством контактов (3.1;3.2) реле РЗ даёт возможность снимать как прямую, так и обратную ветвь вольт-амперной характеристики.Токовые шунты (1 Ом;100 Ом;10000 Ом), предназначенные для измерения тока в нагрузке, подключаются в цепь измерения посредством реле (Р4;Р5;Р6).

Все измерения осуществляются цифровым вольтметром TR65150, связанным с магистралью КАМАК через адаптер TR65. На рис.4 приведена функциональная схема адаптера. Данные, приходящие от вольтметра TR65150 в двоично-десятичном коде, заносятся в буферные регистры БР1 и БР2, по сигналу “Запись”(ЗП). На входе шины данных адаптера установлены преобразователи ПР1 и ПР2, преобразующие 12В в сигналы 5В. Сигнал L,

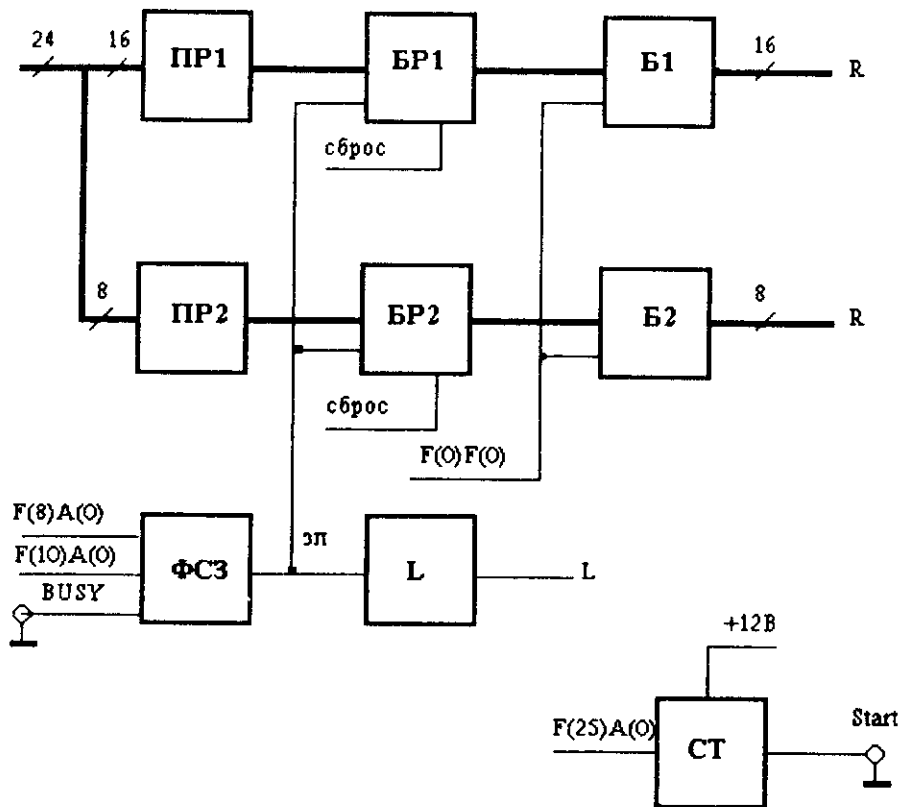


Рис. 4. Функциональная схема адаптера TR65

сформированный по окончании записи, показывает, что данные можно считывать в ЦВМ.

Команды КАМАК адаптера TR65:

F(0)A(0) - чтение данных с буферного регистра БР1;

F(0)A(1) - чтение данных с буферного регистра БР2;

F(10)A(0) - формирование сигнала “ЗП”;

F(16)A(0) - запись данных в буферный регистр БР1;

F(16)A(0) - запись данных в буферный регистр БР2;

F(25)A(0) - запуск измерения.

Для блока ВАХ и адаптера TR65 написаны управляющие программы:

<VaxDr> - драйвер блока ВАХ;

<VaxIni> - процедура инициализации;

<MZR200>, <MZR24> - процедуры коррекции линейности канала задания дискретного напряжения смещения;

<TR65Dr> - драйвер адаптера;

<TRIni> - процедура инициализации;

<TETR> - процедура преобразования двоично-десятичного кода.

На рис. 5 представлена блок-схема алгоритма процедуры <IzmVax>, под управлением которой снимается вольт-амперная характеристика. Ввиду того, что величина сопротивления нагрузки может быть от десятков Ом до сотен мОм, на начальном этапе определяется значение измерительного токового шунта, величина которого может принимать значение: 1 Ом; 100 Ом; 10000 Ом. Затем задаётся напряжение на нагрузке. Информационный канал задания дискретного напряжения на нагрузке показан на рис.6. Суммарная ошибка, возникающая в канале по мере прохождения сигнала ^{12/}, выражается формулой

$$\delta S = 1/2U_{\text{мзр}} + E_{\text{сдв}} + k\Delta E + f(E_{\text{вх}}/C^0),$$

где $1/2U_{\text{мзр}}$ - ошибка квантования, равная $1/2$ значения младшего значащего разряда /МЗР/; $E_{\text{сдв}}$ - напряжение на нагрузке при отсутствии входного сигнала. Это напряжение образуется из $E_{\text{см}}$ операционного усилителя и падения напряжения на транзисторах усилителя мощности; $k\Delta E_{\text{вх}}$ - погрешность

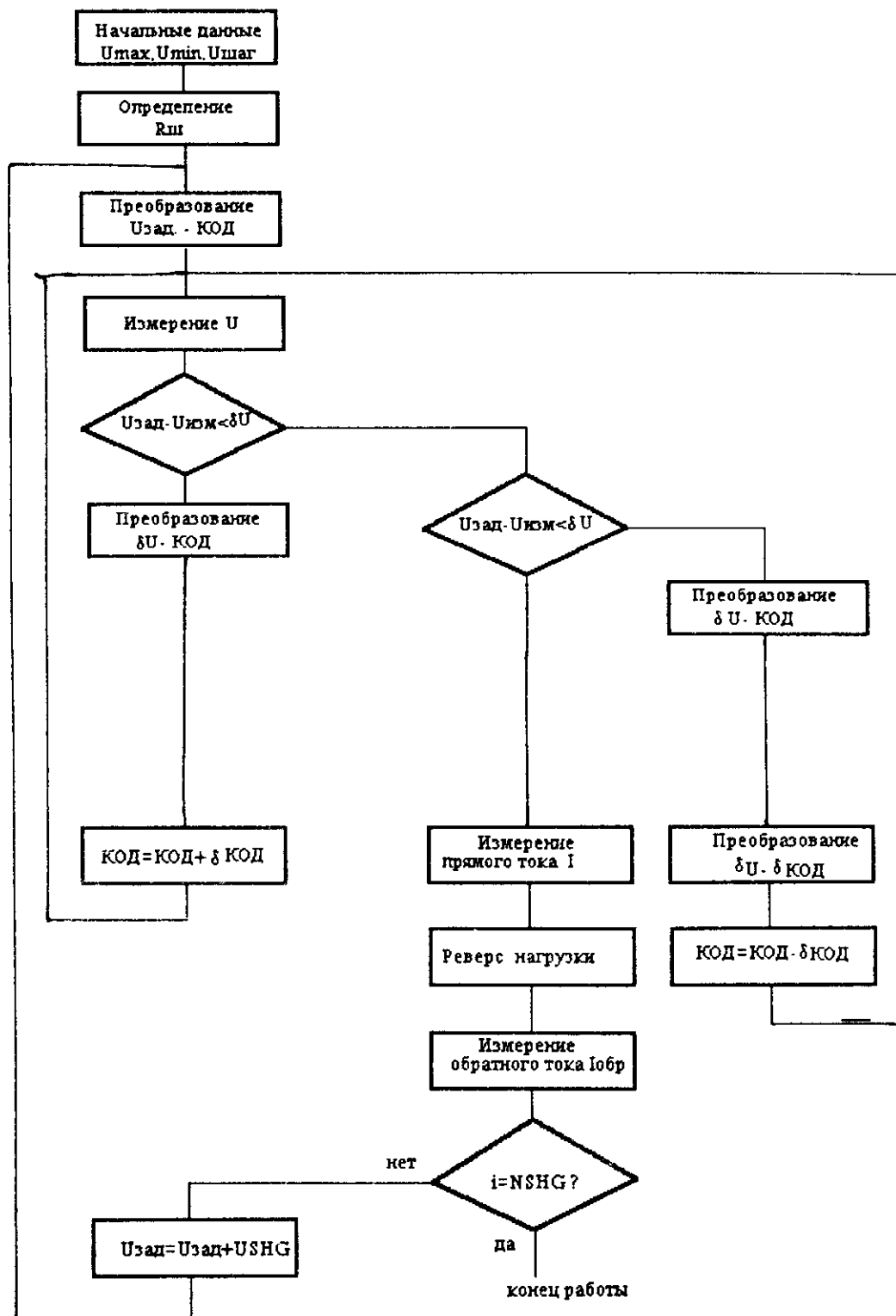


Рис.5. Алгоритм процедуры <IzmVax>. Снятие вольт-амперной характеристики

коэффициента передачи канала; $f(E_{вх}/C^0)$ - ошибка из-за влияния температуры на элементы канала. К погрешностям, возникающим в канале, добавляется ошибка численных преобразований в ЦВМ.

Для точного задания напряжения был применён метод минимизации рассогласования $\Delta U = U_{зад} - U_{изм}$. Измерение напряжения производится цифровым вольтметром TR65150, который находится в цепи обратной связи. Заданное напряжение сравнивается с измеренным. В среднем требуется 2-3 итерации, чтобы рассогласование ΔU попало в заданный диапазон точности. При $U_{зад} < 20$ В диапазон точности $\delta U = 0,05$ В, значение младшего значащего разряда $U_{мзр} = 0,02$ В. Дискретное напряжение снимается с усилителя УС24. При $U_{зад} > 20$ В диапазон точности $\delta U = 0,5$ В, $U_{мзр} = 0,2$ В. Работает усилитель УС200.

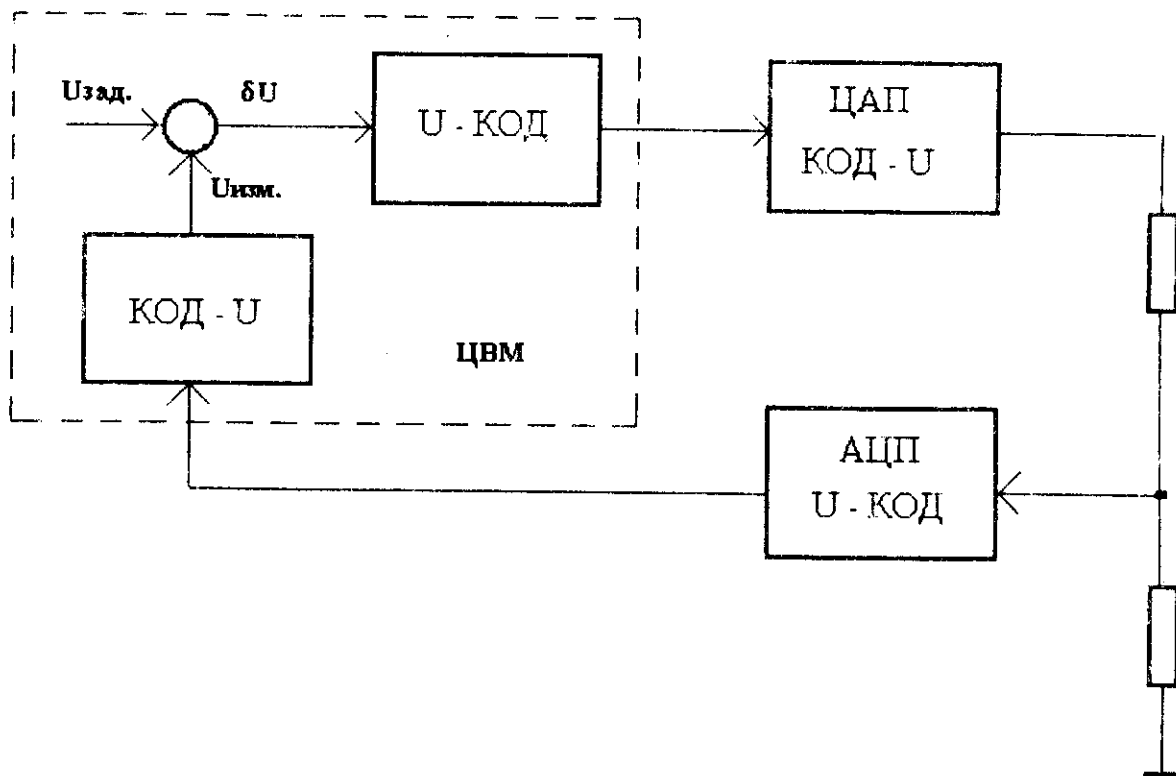


Рис.6. Информационный канал задания напряжения на нагрузке

Проводится измерение как прямого, так и обратного тока, протекающего через нагрузку.

В режиме работы: “измерение тока по заданному напряжению” имеется возможность избирательного подключения токовых шунтов.

Измерение удельного сопротивления

Для измерения удельного сопротивления использован “четырёх зондовый метод”^{16/}. Зонды расположены в вершинах квадрата. Ток пропускается через зонды, образующие одну из сторон квадрата, а напряжение снимается с другой пары зондов. Тогда удельное сопротивление вычисляется по формуле $\rho = 2\pi S / (2 - \sqrt{2}) \cdot U_{3,4} / I_{1,2}$, где S- расстояние между зондами. Расположение зондов в вершинах квадратов обеспечивает снижение ошибки измерения. Это достигается за счёт выполнения измерений при пропускании тока последовательно через каждую пару соседних зондов. Каждый раз измерение разности потенциалов производят дважды: при пропускании тока через зонды в прямом и обратном направлении, с последующем вычислении среднего значения удельного сопротивления по результатам восьми измерений. Таким способом исключается влияние продольной термо-ЭДС, возникающей на образце вследствие градиента температуры. При измерении параметров полупроводников возникает погрешность от эффекта фотопроводимости и фото-ЭДС. Поэтому при измерении образец помещают в закрытый объём. Система зондов представляет собой матричную головку с расстоянием между иголками S=8 мм, с контактами из серебра. Усилие прижима иголок может регулироваться.

Для измерения удельного сопротивления был создан коммутатор КМ на базе реле РЭС-22, расположенный в блоке УСМ (рис.3), Управление коммутатором осуществляется из блока ВАХ буферным регистром БРК1 (рис.2) Регистр команд БРК4 управляет подключением измерительных токовых шунтов.

Команды КАМАК блока ВАХ для режима измерения удельного сопротивления:

F(3)A(0) - режим работы УДС;

F(17)A(0) W13 - задание токов $I_{(6.3)}$, измерение $U_{(4.5)}$;

F(17)A(0) W14 - задание токов $I_{(4.5)}$, измерение $U_{(6.3)}$;

F(17)A(0) W15 - задание токов $I_{(3.4)}$, измерение $U_{(5.6)}$;

F(17)A(0) W16 - задание токов $I_{(5.6)}$, измерение $U_{(3.4)}$;

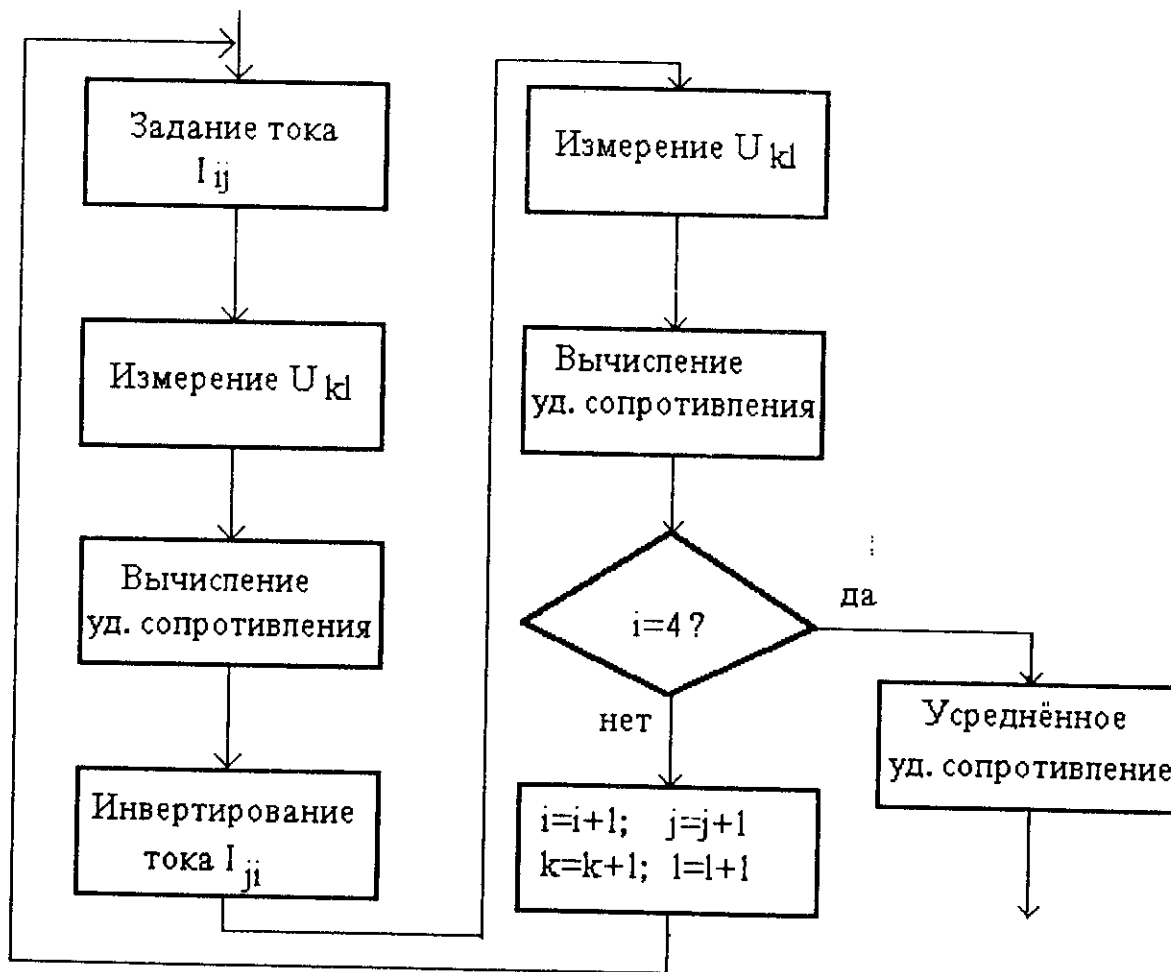


Рис.7. Алгоритм работы процедуры <IzmUdS>. Измерение удельного сопротивления

F(20)A(0) W13 - подключение измерительного шунта 1 Ом;

F(20)A(0) W14 - подключение измерительного шунта 100 Ом;

F(20)A(0) W15 - подключение измерительного шунта 10000 Ом;

Управление СЭА в режиме измерения удельного сопротивления осуществляется программой <IzmUdS>. На рис.7. показана её блок-схема.

Измерение ёмкостных характеристик

Вольт-фарадные методы измерения параметров полупроводников основаны на определении зависимости ёмкости структуры, обусловленной наличием объёмного заряда в поверхностной области полупроводника, от приложенного к ней напряжения.

Автоматическая система экспресс-анализа, спроектированная для обработки облучаемых образцов, позволяет снимать вольт-фарадные характеристики (ВФХ) на различных фиксированных частотах от 1-500 кГц.

Дискретный шаг изменения напряжения смещения $U(\text{шаг}_{\min})=0,05\text{В}$, для диапазона смещения напряжения 1-20 В. Для диапазона напряжений смещения 1-200 В минимальный шаг смещения $U_{\min}=0,5\text{В}$.

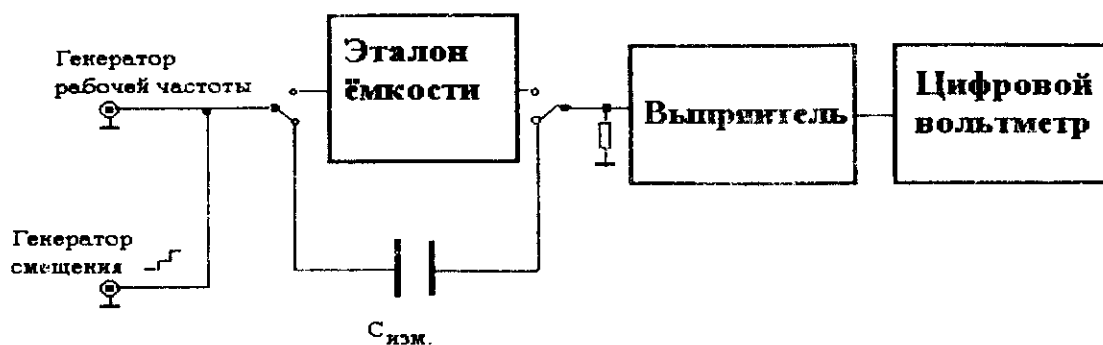


Рис.8. Упрощенная схема измерения ёмкости

На рис.8 приводится упрощенная схема измерения ёмкости в зависимости от изменения смещения постоянного тока, подаваемого на образец.

В основу измерения положен метод сравнения токов. Сравниваются токи, проходящие через эталонные ёмкости на фиксированной частоте, с токами через ёмкость образца на той же частоте.

На начальном этапе измерения проводится калибровка измерительного канала. На эталонные конденсаторы от генератора рабочей частоты подается синусоидальное напряжение 30 мВ с заданной частотой. Эталонные конденсаторы образуют “магазин” ёмкостей: диапазон эталонных конденсаторов 50-1500 пФ, количество дискретных комбинаций ёмкостей - 2^5 , шаг изменения ёмкости - 50 пФ. Результаты измерения токов, проходящих через эталонные ёмкости, в виде таблиц заносятся в память ЦВМ. После этого на той же рабочей частоте измеряется ток, пропущенный через образец. По табличным данным эталонных конденсаторов определяется ёмкость образца. На рис.9 представлен фрагмент зависимости $C_{эт}=f(I_{эт})$. Здесь применена линейная аппроксимация. Отсюда:

$$C_{изм} = C_{i-1} + (C_i - C_{i-1}) * (I_{изм} - I_{i-1}) / (I_i - I_{i-1}).$$

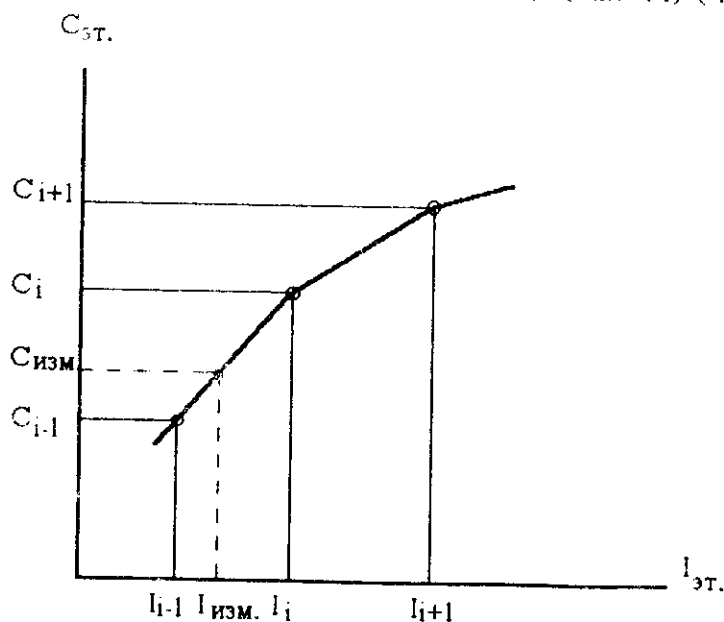


Рис.9. Фрагмент характеристики $C_{эт.}=f(I_{эт.})$

Такие измерения, когда токи эталонных конденсаторов и ток образца промеряются на одном и том же измерительном канале и практически в одно и

то же время, позволяют значительно уменьшить температурные и приборные погрешности, которые обычно присутствуют при измерениях.

При снятии вольт-фарадной характеристики осуществляется подача ступенчатого напряжения смещения на образец. После этого измеряется ток, текущий через образец, и определяются значения ёмкости по приведённой методике.

Для измерения ёмкостных параметров облучаемых образцов был разработан в стандарте КАМАК блок ВФХ. На рис.10 представлена его блок-схема. По команде F(16)A(0) в буферный регистр БР1 по шинам W1-W6 заносятся данные для управления ключами K₀-K₅, которые осуществляют коммутацию эталонных конденсаторов при снятии характеристики $I_{\text{эт}}=f(C_{\text{эт}})$. По команде F(6)A(0) происходит подключение эталонных конденсаторов в режиме калибровки. F(4)A(0) - подключение облучённого образца в режиме измерения. F(20)A(0) - измерение заданного напряжения смещения. F(22)A(0) - измерение тока, проходящего через образец. F(18)A(0) - инициализация буферного регистра БР1 и управляющих триггеров. С генератора синусоидального напряжения ГЗ-112/1 приходит опорный сигнал $U_{\text{оп}}=30\text{мВ}$. Ступенчато изменяющееся напряжение смещения задаётся от блока ВАХ.

Управляющие программы блока ВФХ:

<VfxDr> - драйвер блока ВФХ;

<VfxIni> - процедура инициализации .

На рис.11 показана блок-схема процедуры <IzmVfx>, работающей в режиме снятия вольт-фарадной характеристики. В качестве исходных данных задаются:

U_{max} - максимальное напряжение смещения;

U_{min} - минимальное напряжение смещения;

$U_{\text{шаг}}$ - дискретное изменение напряжения смещения.

На начальном этапе работы процедуры производится калибровка тракта измерения. После этого задаётся напряжение смещения и измеряется ток, протекающий через образец. По калибровочной характеристике и измеренному току определяют значение ёмкости образца.

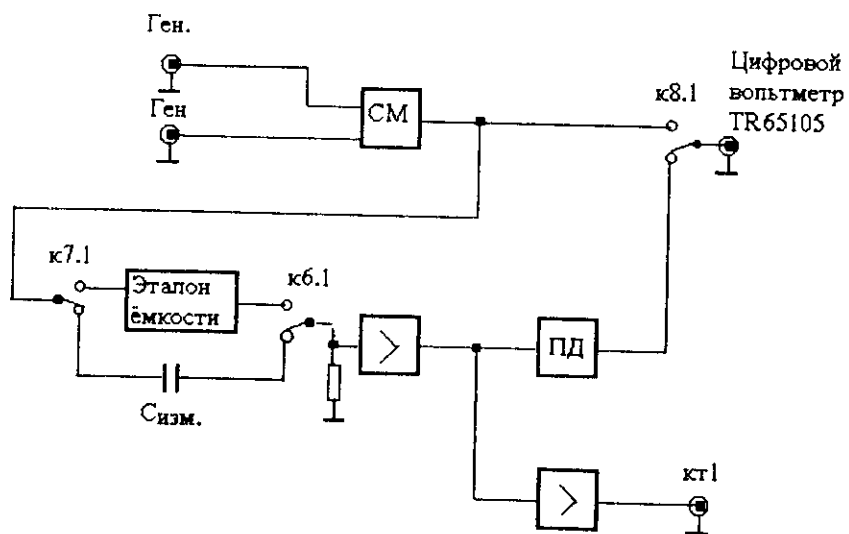
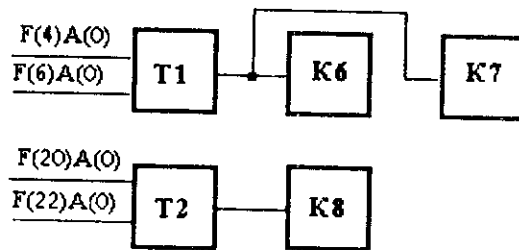
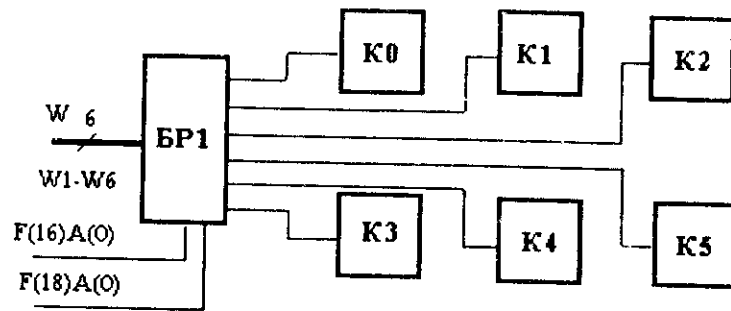


Рис.10. Функциональная схема блока ВФХ

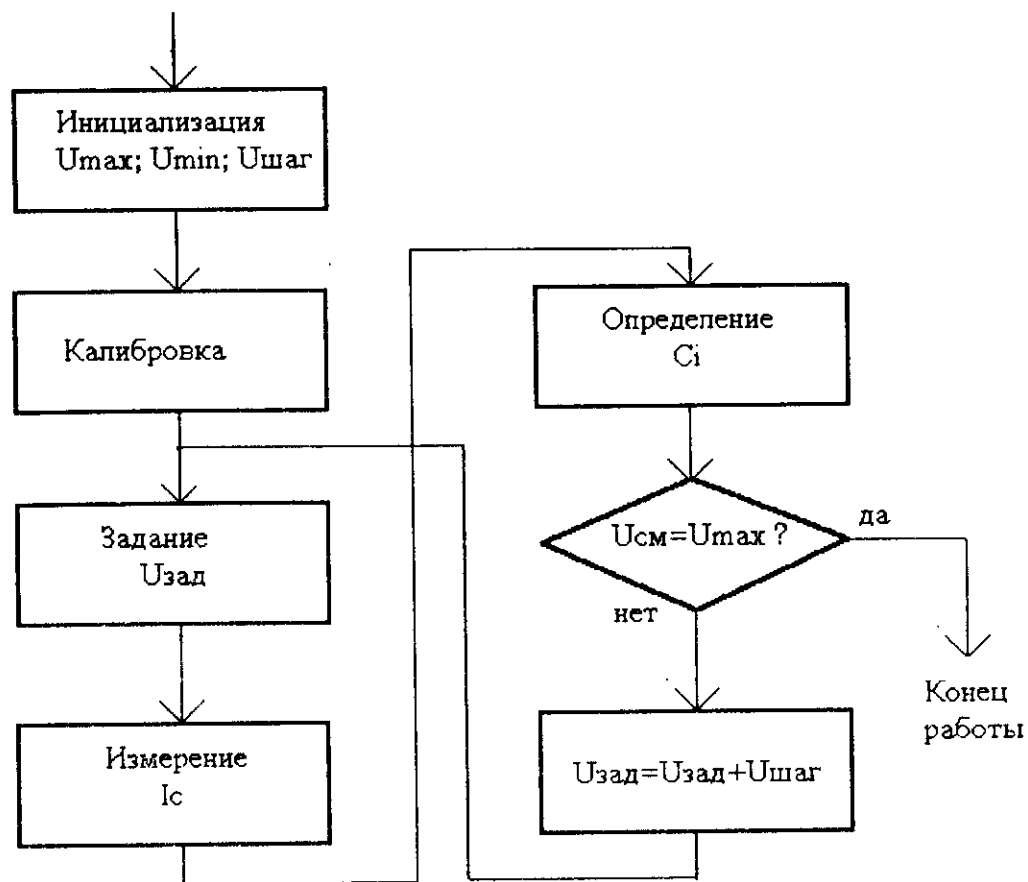


Рис.11. Алгоритм работы процедуры <IzmVfx>.

Снятие вольт-фарадной характеристики

Программное обеспечение системы экспресс-анализа облучаемых образцов

Пакет программ, поддерживающий работу СЭА, является частью общего программного обеспечения установки ИСИЭИ. Он представляет собой оверлейную структуру. На рис 12 приведён алгоритм работы программы <ISIEI>, которая является главной оверлейной программой.

Оверлейные модули:

<IzmIU1>- оверлейный модуль измерения тока, протекающего через образец при заданном напряжении;

<IzmIU> - процедура измерения тока;

<Kamak> - библиотечный модуль, в котором находятся драйверы и процедуры инициализации блоков системы СЭА;

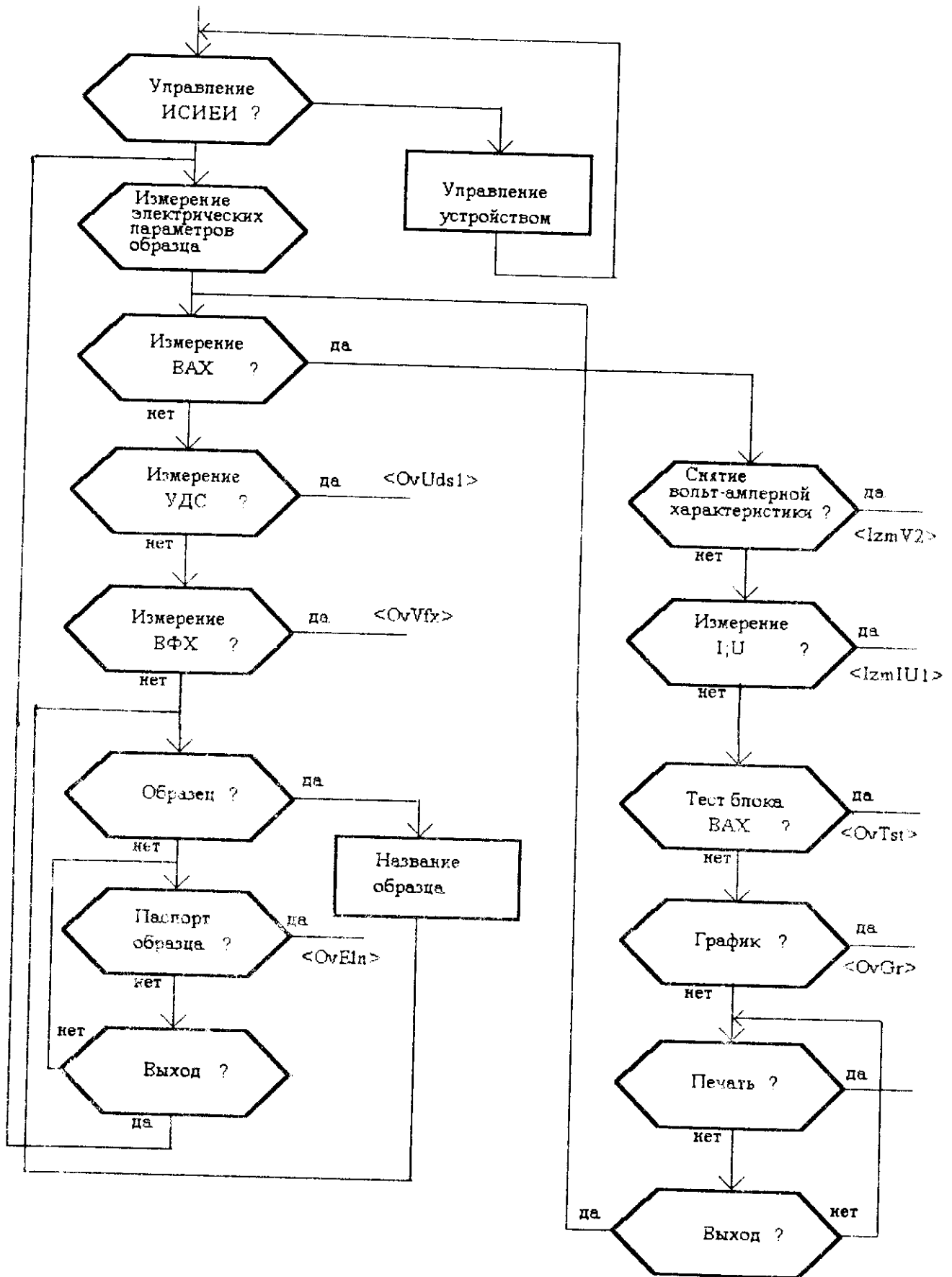


Рис. 12

- <VaxLb1> - библиотечный модуль, содержащий процедуры
пользовательского интерфейса;
- <IzmV2> оверлейный модуль снятия вольт-амперной
характеристики;
- <IzmVax> - процедура, поддерживающая работу системы СЭА в
режиме измерения вольт- амперной характеристики;
- <VaxRR> - тестирование блока ВАХ в режиме измерения
вольт-амперной характеристики. Тест выполняется в
по-командном режиме. После выполнения каждой команды
в просмотрном окне высвечиваются результаты отклика
блока на команду;
- <VaxT1> - тестирование блока ВАХ в режиме измерения
удельного сопротивления;
- <TR65Ts> - тестирование адаптера TR65;
- <VfxTs> - тестирование блока ВФХ;
- <OvEln> оверлейный блок базы данных;
- <Eliona> - процедура, поддерживающая работу базы
данных. Данные заносятся как с клавиатуры, так и из
буферной памяти ЦВМ, где находятся результаты
измерения;
- <OvGr> оверлейный модуль построения графиков;
- <Graphus> - процедура вывода результатов измерения в
виде графика. Имеется возможность выделения фрагмента
графика и его масштабирования.

Пользовательский интерфейс представлен в виде табличных окон с
многоуровневой структурой.

В качестве примера использования системы измерения СЭА на рис.13
приведены снятые вольт-фарадные характеристики кремниевого образца Si (n-
проводимость, кристаллическая решётка типа 111). Кривая (1) - до облучения,

(2) - после облучения. Образец облучался электронным пучком:

- энергия пучка $W=260$ кэВ; ток пучка электронов 800 А;

- частота импульсов 1 Гц; время облучения 20 мин.

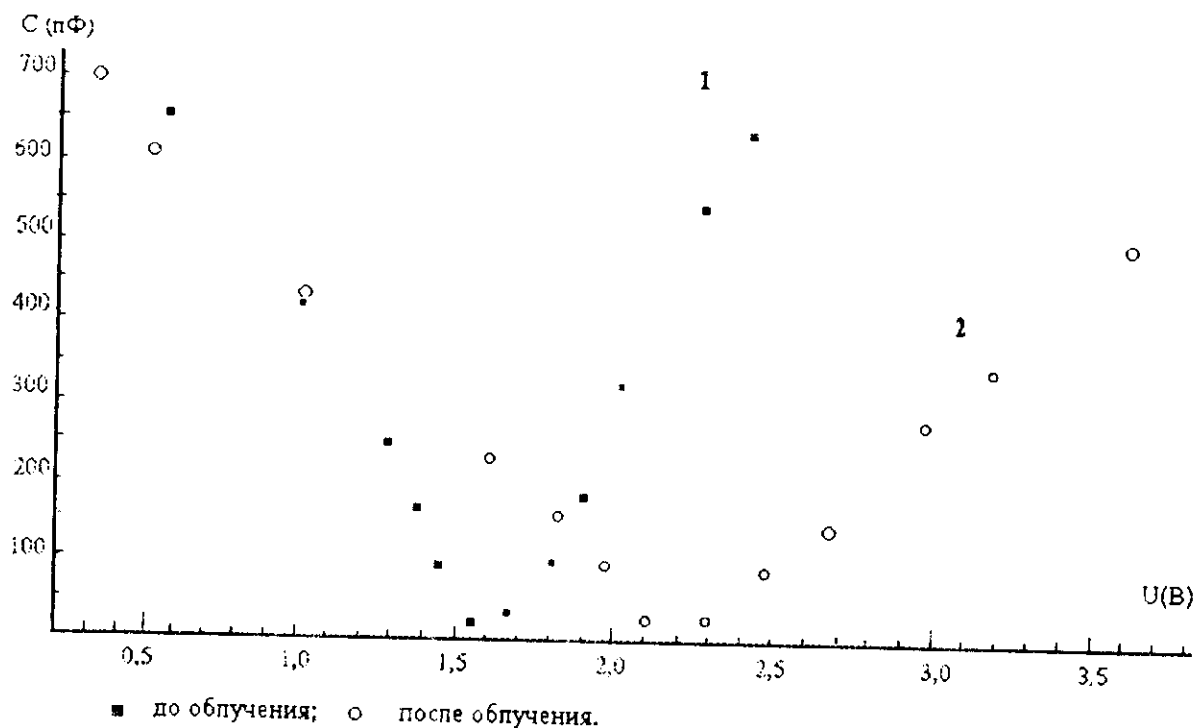


Рис.13. Вольт-фарадная характеристика образца: плёнка углерода - подложка Si (n - проводимость; кристаллическая решётка типа 111). 1- до облучения; 2 - после облучения

Заключение

Реализована система экспресс-анализа (СЭА), работающая совместно с импульсным сильноточным источником электронов и ионов.

Система СЭА автоматически измеряет электрические параметры облучаемых образцов, что даёт возможность оперативно вводить коррективы в режимы облучения. Общее управление и обработка результатов измерения осуществляется от ЦВМ IBM/АТ. Управляющая и измерительная аппаратура выполнена в стандарте КАМАК. Разработаны электронные блоки ВАХ и УСМ, предназначенные для измерения удельного сопротивления "четырёх зондовым" методом и снятия вольт-амперной характеристики.

В режиме снятия вольт-амперной характеристики:
максимально задаваемое напряжение $U(\max)=200$ В;
минимальный шаг изменения напряжения $U(\text{шаг})=0,05$ В;
точность задания напряжения 0,25%.

Разработанный блок ВФХ осуществляет измерение ёмкостных характеристик:

диапазон измеряемых ёмкостей 0-1600 пФ;
диапазон рабочих частот 1-500 кГц;
точность измерения ёмкости 0,5%.

В режиме снятия вольт-фарадных характеристик:

диапазон заданных напряжений смещения 1-200 В;
минимальный шаг изменения напряжения смещения $U(\text{шаг})=0,05$ В.

Разработан блок адаптера TR65, через который цифровой вольтметр TR65150 подключен к магистрали КАМАК. Написан пакет тестовых и рабочих программ, поддерживающих работу системы СЭА.

Литература:

1. С.А.Коренев. Сообщение ОИЯИ № 9-81-703, Дубна, 1981.
2. А.В.Калмыков и др. Сообщение ОИЯИ № Р9-98-158, Дубна, 1998.
3. В.А.Антюхов и др. Сообщение ОИЯИ 10-11636, Дубна, 1978.
4. С.А.Коренев и др. Техника эксперимента, №3, 1995.
5. Е.А.Абромян, В.А.Альтеркоп, Г.Д.Кулешов, Интенсивные электронные пучки, Москва, Энергоатомиздат, 1984.
6. Л.П.Павлов, Методы измерения параметров полупроводниковых материалов, Москва, Высшая школа, 1987.
7. Ю.К.Акимов и др., Полупроводниковые детекторы в экспериментальной физике. М., Энергоатомиздат, 1988.

Рукопись поступила в издательский отдел
5 июля 1999 года.

Приводится описание автоматической системы экспресс-анализа (СЭА) облучаемых образцов. Система СЭА, работающая совместно с импульсным сильноточным источником электронов и ионов, измеряет электрические параметры облучаемых образцов, что позволяет оперативно вводить коррективы в режимы облучения. Измерительная система СЭА автоматически снимает вольт-амперные характеристики, измеряет удельное сопротивление «четырёхзондовым» методом, измеряет ёмкостные параметры образца, снимает вольт-фарадные характеристики.

В режиме снятия вольт-амперных характеристик: максимально заданное напряжение $U_{\max} = 200$ В; минимальный шаг измерения напряжения $U_{\text{шаг}} = 0,05$ В; точность задания напряжения 0,25 %.

В режиме измерения ёмкостных характеристик: диапазон измерения ёмкостей 0 – 1600 пФ; диапазон рабочих частот 1 – 500 кГц; точность измерения ёмкости 0,5 %; диапазон задаваемых напряжений смещения 1 – 200 В; минимальный шаг изменения напряжения смещения $U_{\text{шаг}} = 0,05$ В.

Управление системой СЭА осуществляется от ЦВМ IBM/АТ. Управляющая и измерительная аппаратура выполнена в стандарте КАМАК. Пакет программ состоит из процедур инициализации, обработки и вывода информации.

Работа выполнена в Лаборатории физики частиц ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна, 1999


Перевод авторов

The computer system for the express-analysis (SEA) of the irradiation samples is described. The system is working together with the pulse high current electrons and ions source. It allows us to correct irradiation regime in real time. The SEA system automatically measures volt-ampere and volt-farad characteristics, sample resistance by «four-probe» method, sample capacitor parameters.

It's parameters are: in the volt-ampere measuring regime — $U_{\max} = 200$ V, minimal voltage step $U_{\text{sh}} = 0.05$ V, voltage accuracy 0.25 %; in the capacity measuring regime — capacity measurement diapason 0 – 1600 pF, working frequencies diapason 1 – 150 kHz, capacity accuracy 0.5 %, voltage shifting diapason 1 – 200 V, minimal step of voltage shifting $U_{\text{sh}} = 0.05$ V.

The SEA management is performed by IBM/AT computer. The control and measuring apparatus was realized in CAMAC standard. The programmed set consists of the first display procedures, control, treatment and information exit.

The investigation has been performed at the Laboratory of Particle Physics, JINR.



Редактор М.И.Зарубина. Макет Р.Д.Фоминой

Подписано в печать 21.07.99
Формат 60 × 90/16. Офсетная печать. Уч.-изд. листов 2,16
Тираж 345. Заказ 51508. Цена 2 р. 60 к.

Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований
Дубна Московской области