**Лабораторная работа**

**Тема: Определение параметров характеристики диода методом наименьших квадратов на основе экспериментальных данных**

**Теоретические положения**

Обработка экспериментальных данных при измерении вольт - амперной характеристики полупроводниковых диодов обычно сводится к нахождению теоретической кривой, которая должна наилучшим образом приближаться к экспериментальной. Наиболее распространенным методом для решения этой задачи является метод наименьших квадратов. В данном случае суть метода наименьших квадратов заключается в подборе таких коэффициентов линейной функции F(, при которых она принимает минимальное значение.

= (1)

То есть нужно найти такие a и b, при которых сумма квадратов отклонений экспериментальных значений от теоретических была минимально. Для отыскания минимумов этой функции следует приравнять ее частные производные по параметрам a и b к нулю.

=0 - =0 (2)

=0 -2 =0 (3)

Получаем систему двух линейных уравнений с двумя неизвестными, которая может быть решена любым методом, например, с помощью метода Крамера

a= (4)

b= - a (5)

Известно, что теоретическим уравнением, хорошо описывающим полупроводниковый диод является уравнение Шокли:

I= (6)

Где I- значение прямого тока диода,

U – напряжение на диоде

= температурный потенциал

m – коэффициент неидеальности

I0 – ток насыщения

Обозначим отношение

a=

Тогда уравнение (5) можно записать как

I= (7)

Прологарифмируем правую и левую части уравнения Шокли:

=aU+

Получим линейное уравнение с двумя неизвестными, аналогичное (1)

y= ax+b, где

y=

x= U

b=

I и U – значения тока и напряжения, полученные экспериментально.

Таким образом, зная массив измеренных экспериментально значений токов и напряжений можно по формулам (4) и (5) рассчитать параметры теоретического уравнения вольт – амперной характеристики диода (7).

**Описание лабораторной установки**

Лабораторная работа выполняется с помощью лаборатории с удаленным доступом. Используется реальное оборудование, установленное в лаборатории электронных средств обучения СибГУТИ. Это оборудование (регулируемые источники напряжения, измерители тока и напряжения, осциллографы и графопостроители) доступны студентам по сети Internet.

Для выполнения лабораторной работы необходимо на Вашем компьютере установить свободно распространяемую программу LabView Run-Time и запустить клиентскую программу El\_client.exe, которые можно скачать с сайта лаборатории, расположенного по адресу: <http://leso.sibsutis.ru/> в разделе поддержка (скачать).

После запуска клиентской программы необходимо ввести Ваше имя, фамилию и номер группы в соответствующих окнах.

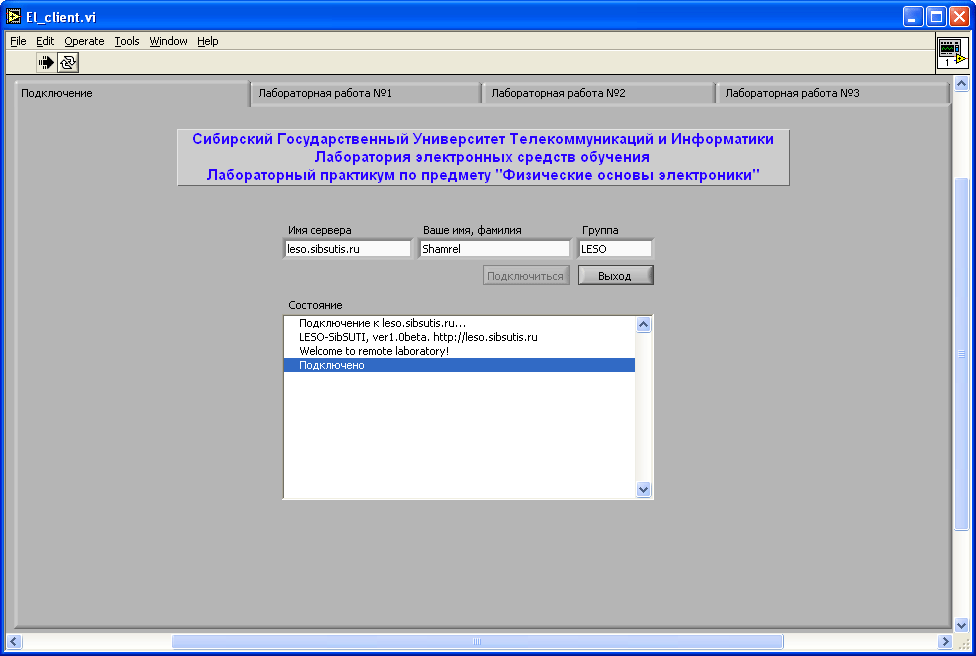
После окончания работы необходимо нажать кнопку «ВЫХОД».

При выполнении работ возможно загорание красного индикатора «передача» в левом верхнем углу панели. В этом случае следует подождать завершения передачи информации по сети к измерительным приборам (не крутить ручки и не щелкать переключателями).

Для копирования экрана с графиками в буфер обмена с целью дальнейшей вставки их в отчет нужно щелкнуть правой кнопкой мыши по экрану и выбрать Copy Data.

**Пользовательский интерфейс лабораторного комплекса**

Рассмотрим взаимодействия элементов на примере измерения характеристик полупроводникового диода. Студент должен запустить на своем компьютере специальную клиентскую программу. В результате на экране появится меню



В этом меню студент вводит имя сервера (**www.leso.sibsutis.ru**), к которому подключена удаленная лаборатория, фамилию и имя, номер учебной группы. Далее выбирается **лабораторная работа №1**. В результате появится окно со схемой исследования диода:



Окно исследования вольтамперных характеристик диодов

С помощью тумблера к схеме измерения подключается один из диодов (кремниевый или германиевый). В этом случае на удаленном стенде произойдет подключение соответствующего реального диода. Далее с помощью мыши поворачивая ручку регулятора напряжения, студент наблюдает за показаниями вольтметра и миллиамперметра. При этом в реальном масштабе времени (в режиме online) строится график вольтамперной характеристики диода. Для сравнения характеристик различных диодов их графики можно построить на одном экране. **Результаты эксперимента студент копирует в свой отчет о проделанной работе.**

**Задание к работе и ход выполнения**

1. С помощью лаборатории с удаленным доступом измерить 10 значений напряжений и соответствующие им токи для германиевого диода Д7Ж. Отсчеты значений производить по цифровым индикаторам (не по стрелочным). Желательно точки, в которых производятся измерения располагать равномерно по всему графику. **Скопировать график в отчет. Результаты измерений занести в таблицу 1**:

Таблица 1

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер отсчета  i | Напряже  ние  Ui (В) | Ток  Ii (мА) | Xi | Yi | Xi ⋅Yi | (Xi)2 |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |

Заполнить все столбцы таблицы.

Значение Xi  равно напряжению Ui

Xi = Ui

Yi = логарифм натуральный.

На основе значений таблицы 1 рассчитаем параметры теоретической характеристики диода.

a=

b= - a

**Здесь n=10**

**Индекс *i*** в обозначениях сумм для простаты записи опущен, т.е необходимо суммировать значения параметров Xi и Yi для ***i=1÷10***.

Записать формулу теоретической характеристики, подставив в нее конкретные значения параметров:

*I=*

Т.к. *b= ,* то *I0* = exp(b)

Рассчитать и построить теоретический график диода по формуле (7).

Сравнить теоретический график с графиком, измеренным экспериментально.

Рассчитать среднеквадратическую погрешность между теоретической кривой ВАХ и экспериментальными значениями последующей формуле:

*ρi*  - расхождения между теоретическим и измеренном значением токов при заданном напряжении.

**Содержание отчета**

Отчет должен содержать:

а. Цель работы

б. Расчетные формулы

в. Таблицу с результатами измерений

г. График экспериментальной характеристики

д. График теоретической характеристики

е. Среднеквадратическую погрешность

в. Выводы