

МГТУ им. Баумана

Дисциплина основы электроники

Лабораторный практикум №1 по теме

«Полупроводниковые диоды»

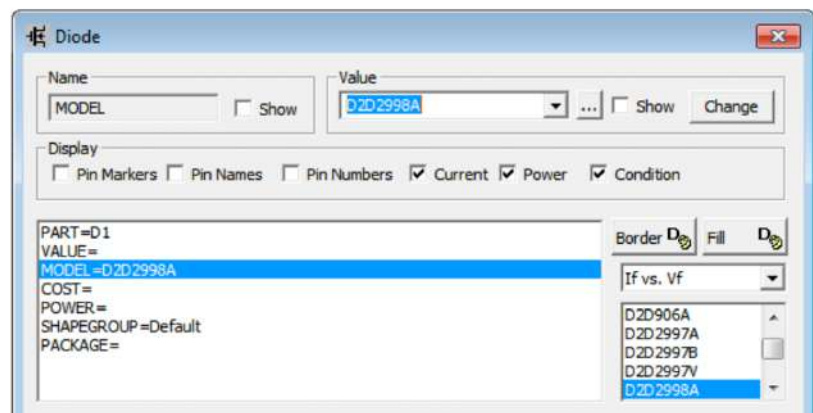
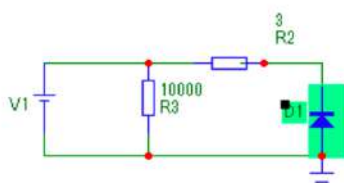
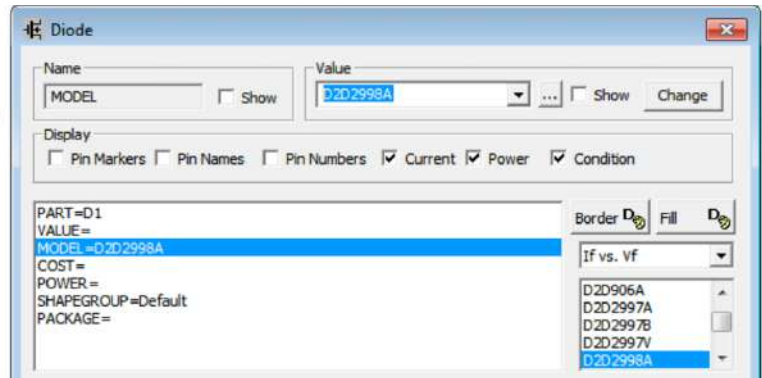
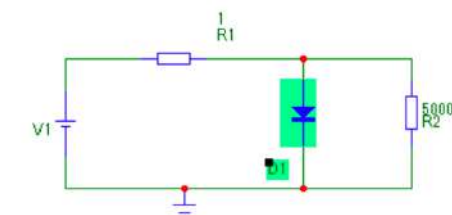
Работу выполнила:
студентка группы ИУ7-31Б
Варламова Екатерина

Москва, 2020

Цель работы: получение в программе схемотехнического анализа Micro-cap 10.0.9.2 и исследование статических и динамических характеристик германиевого или кремниевого полупроводниковых диодов с целью определения по ним параметров модели полупроводниковых диодов. Освоение программы Mathcad для расчёта параметров модели полупроводниковых приборов на основе данных экспериментальных исследований и внесение модели в базу данных программ схемотехнического анализа.

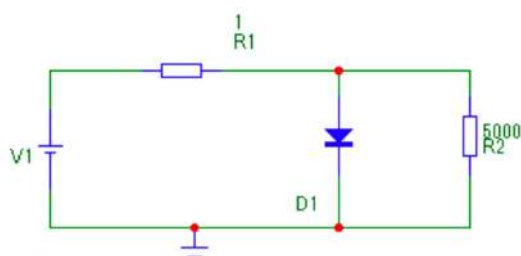
Для заданного диода марки D2d2998a, соответствующий моему варианту, проведем моделирование лабораторного стенда для получения ВАХ диода в программе Micro-Cap 9 как на прямой, так и на обратной ветвях по показанным ниже

схемам:



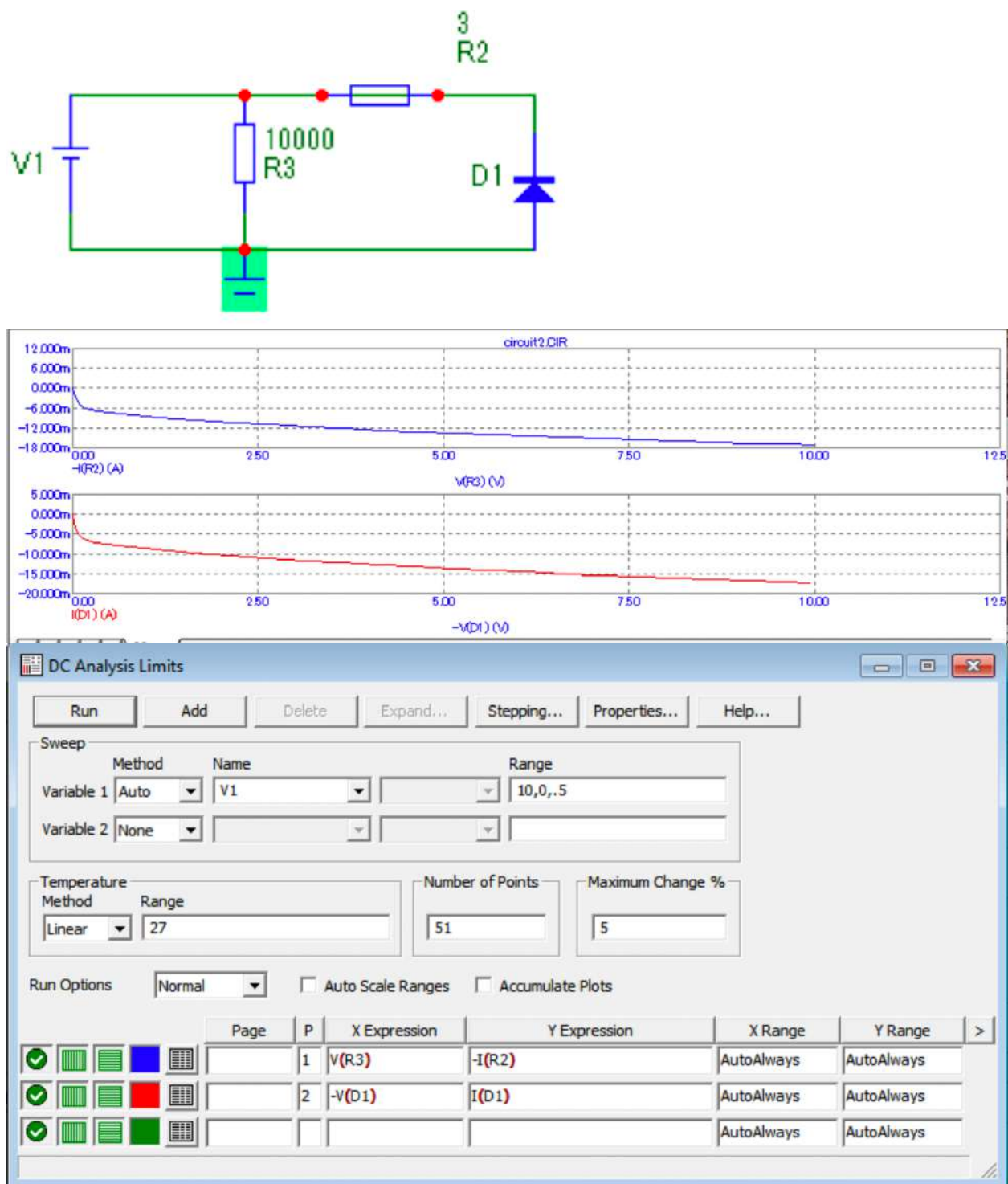
Данный выбор схем объясняется следующими соображениями. Несмотря на то, что идеальных измерительных приборов не существует, все-таки амперметр должен обладать относительно малым сопротивлением, а вольтметр, наоборот, довольно значительным. При прямом включении диод имеет малое сопротивление, и, если параллельно к нему подключить вольтметр, то потери в токе будут не значительны, т.к. сопротивление вольтметра во много раз превышает сопротивление диода при прямом включении. При обратном включении такая схема не прокатит, т.к. сопротивления диода и вольтметра станут соизмеримы, и потери в токе окажутся весомыми. Поэтому следует точно измерить ток на ветви диода, вставив в нее амперметр, потерями напряжения можно пренебречь, т.к. падение напряжения на диоде при обратном включении будет гораздо больше потерь на амперметре. Проиллюстрируем сказанное графиками, построенным в Micro-Cap 9 по схемам, приведенным выше.

При прямом включении диода его ВАХ выглядит следующим образом:



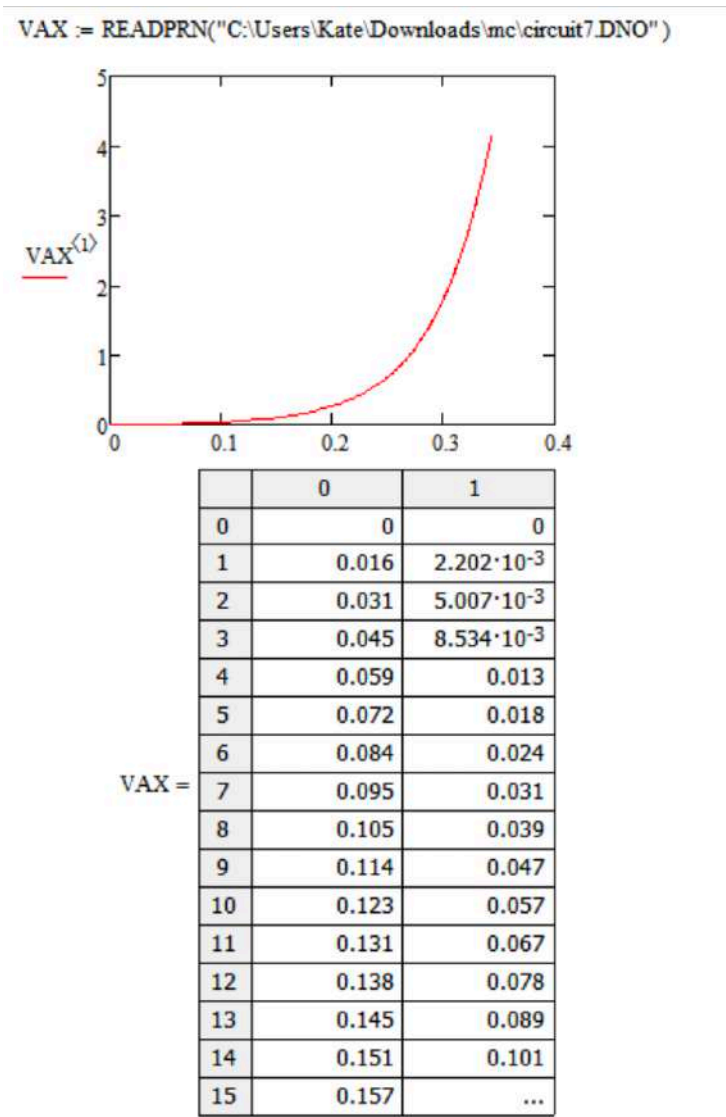
При этом «синий» график показывает ВАХ при снятии измерений с приборов (то есть амперметра и вольтметра), а «красный» при снятии измерений с диода.

При обратном включении ВАХ выглядит таким образом:



При этом «синий» график показывает ВАХ при снятии измерений с приборов (то есть амперметра и вольтметра), а «красный» при снятии измерений с диода.

Как хорошо видно из графиков, наши догадки оказались верны, и ВАХ, снятые по показаниям «приборов», ненамного отличаются от своих истинных значений. Поэтому, для чистоты эксперимента, сохраним в текстовом файле и будем использовать в дальнейшем данные, снятые по показаниям «приборов».



Для анализа нашей ВАХ и нахождения физических параметров диода воспользуемся программой MathCAD. Чтобы вычислительный блок Given...Minerr сработал как можно точнее, возьмем 4 точки в наиболее нелинейной части ВАХ.

$$Id1 := \max(VAX^{<1>}) = 4.156 \quad Ud1 := \max(VAX^{<0>}) = 0.344$$

$$Id2 := \frac{Id1}{2.374} = 1.751 \quad Ud2 := \text{linterp}(VAX^{<1>}, VAX^{<0>}, Id2) = 0.299$$

$$Id3 := \frac{Id2}{2} = 0.875 \quad Ud3 := \text{linterp}(VAX^{<1>}, VAX^{<0>}, Id3) = 0.263$$

$$Id4 := \frac{Id3}{2} = 0.438 \quad Ud4 := \text{linterp}(VAX^{<1>}, VAX^{<0>}, Id4) = 0.227$$

Вычисление параметров диода методом по 3 точкам:

$$R_b := \frac{(U_{d3} - 2 \cdot U_{d2} + U_{d1})}{I_{d3}} = 0.011$$

$$N_f T := \frac{[(3 \cdot U_{d2} - 2 \cdot U_{d3}) - U_{d1}]}{\ln(2)} = 0.038$$

$$I_{so} := I_{d3} \cdot e^{-\left[\frac{(U_{d2} - 2 \cdot U_{d3})}{N_f T} \right]} = 2.189 \times 10^{-3}$$

Вычисление параметров диода методом по 4 точкам:

$$m := 0.5 \quad R_b := 0.0000003 \quad N_f T := 0.02 \quad I_{so} := 0.0000001$$

Given

$$U_{d1} = I_{d1} \cdot R_b + \ln \left[\frac{(I_{so} + I_{d1})}{I_{so}} \right] \cdot N_f T \cdot m$$

$$U_{d2} = I_{d2} \cdot R_b + \ln \left[\frac{(I_{so} + I_{d2})}{I_{so}} \right] \cdot N_f T \cdot m$$

$$U_{d3} = I_{d3} \cdot R_b + \ln \left[\frac{(I_{so} + I_{d3})}{I_{so}} \right] \cdot N_f T \cdot m$$

$$U_{d4} = I_{d4} \cdot R_b + \ln \left[\frac{(I_{so} + I_{d4})}{I_{so}} \right] \cdot N_f T \cdot m$$

$$\text{Diod_P} := \text{Minerr}(I_{so}, R_b, N_f T, m)$$

$$\text{Diod_P} = \begin{pmatrix} 5.644 \times 10^{-3} \\ 2.392 \times 10^{-6} \\ 0.048 \\ 1.094 \end{pmatrix}$$

Построим на одном графике ВАХ экспериментальную и ВАХ модельную (параметры диода рассчитаны методом по 3 точкам):

$$Idiod := 0,10^{-5} \dots 4.156 \quad Udioid(Idiod) := Idiod \cdot Rb + NfT \cdot \ln \left[\frac{(Iso + Idiod)}{Iso} \right]$$

