

МГТУ им. Н.Э. Баумана

Дисциплина электроника

Лабораторный практикум №1

**по теме: «Исследование характеристик и параметров полупроводниковых
диодов»**

Работу выполнил:

студент группы ИУ7-35Б

Романов Семен

Работу проверил:

Москва, 2021г.

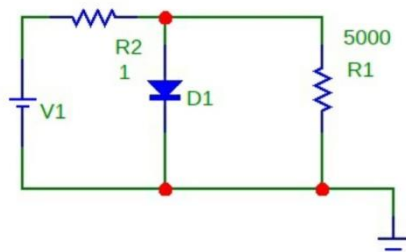
Цель работы - проведение экспериментальных *исследований* (натурных и модельных в программах схемотехнического анализа *MathCad 14* и *Micro-Cap 9*) полупроводникового диода с целью получения исходных данных для расчёта параметров модели полупроводникового диода и внесение модели в базу данных программ схемотехнического анализа.

Часть 1

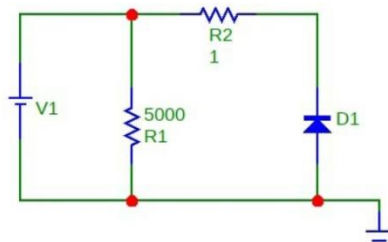
Пункт №1

Для заданного диода марки KD510B, соответствующий моему варианту, проведем моделирование лабораторного стенда для получения ВАХ диода в программе Micro-Cap 12 как на прямой, так и на обратной ветвях по показанным ниже схемам:

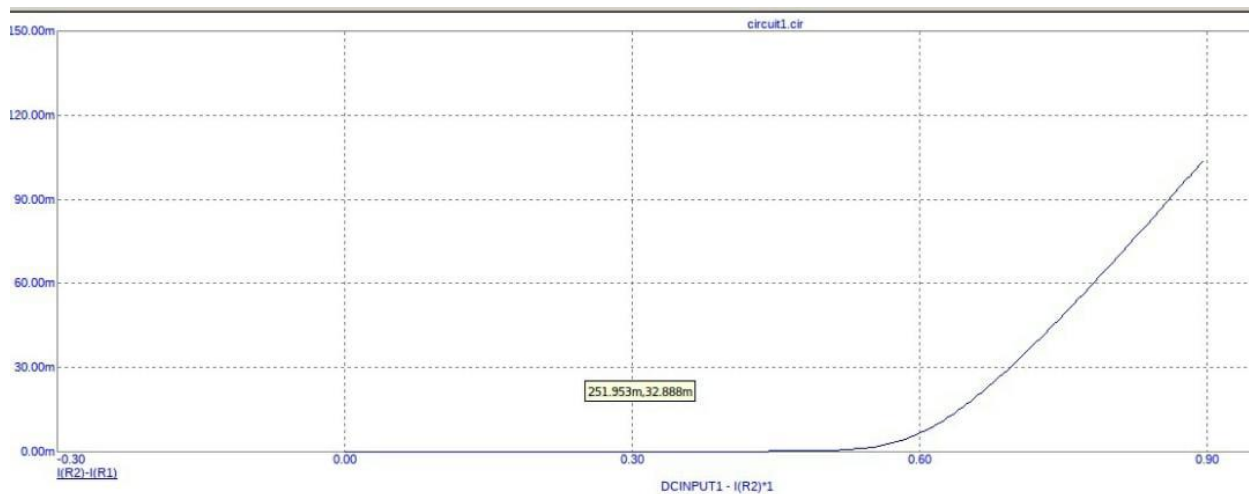
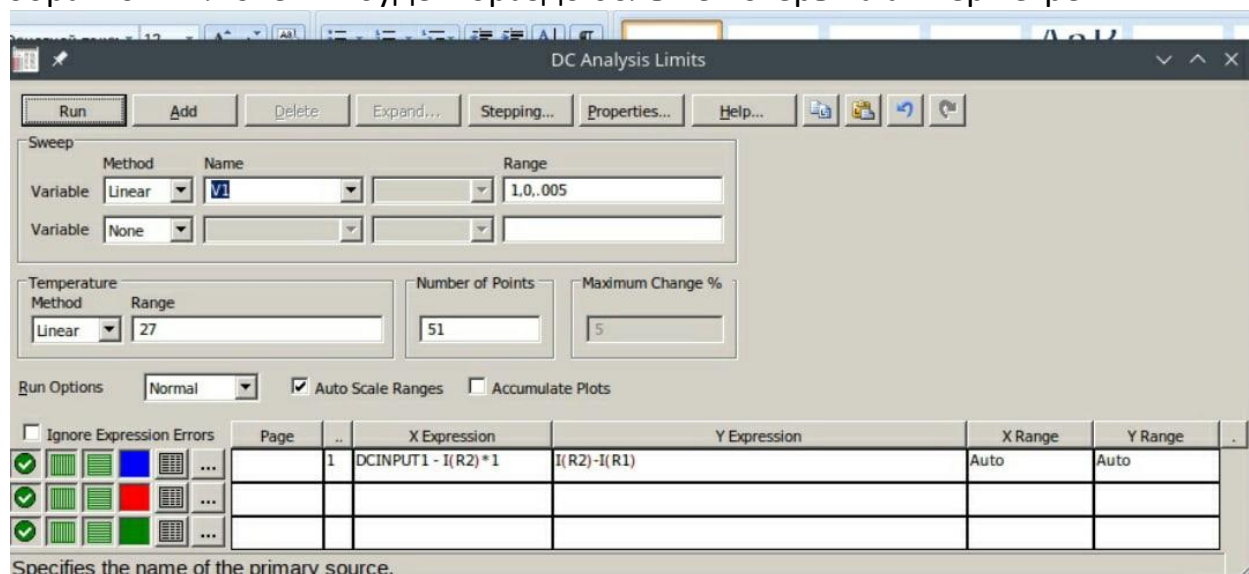
- Схема для снятия ВАХ с прямой ветви



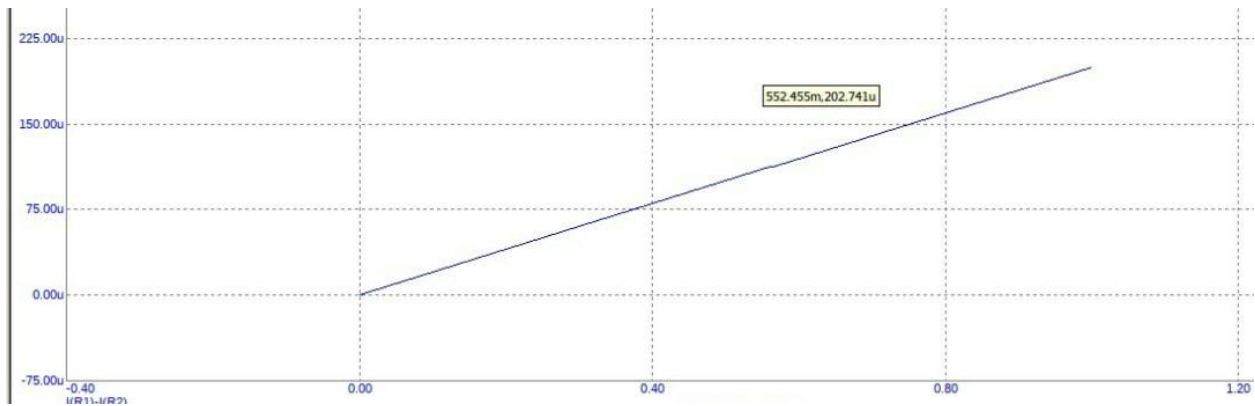
- Схема для снятия ВАХ с обратной ветви



Несмотря на то, что идеальных измерительных приборов не существует, 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 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.



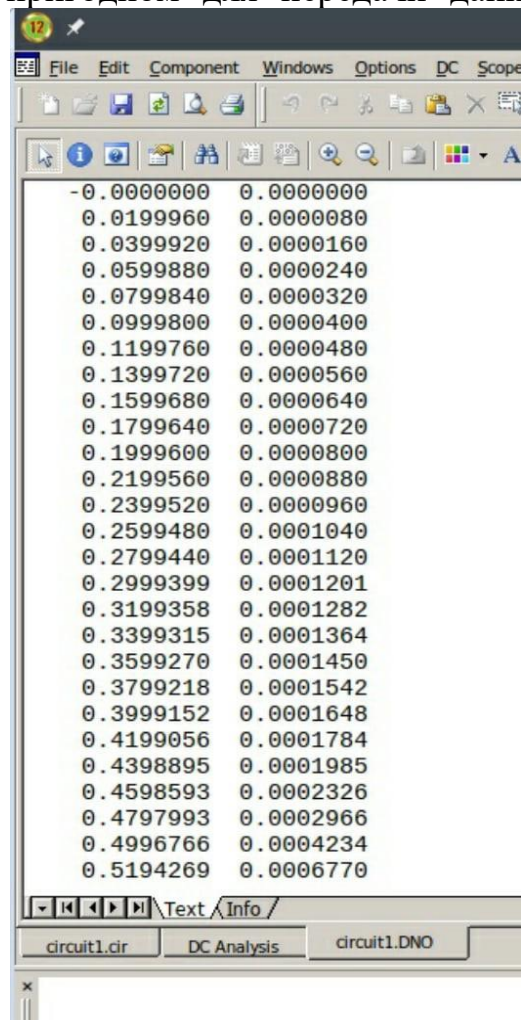
Для обратной схемы:



Для обратной схемы график оказался более линейным, поскольку ток при обратном течении через диод не идет

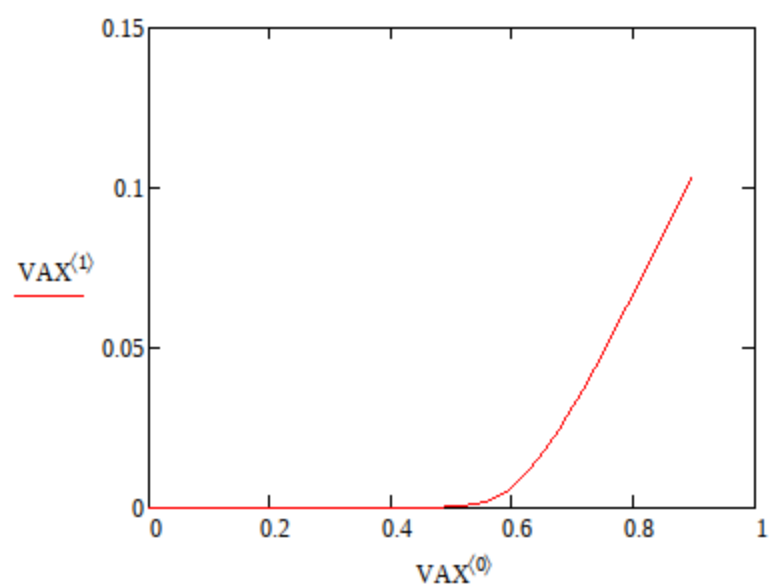
Пункт №2

Полученные данные ВАХ сохраняю в виде текстового файла в формате, пригодном для передачи данных в программу MCAD и строю график:



Для анализа нашей ВАХ и нахождения физических параметров диода воспользуемся программой MathCAD.

VAX := READPRN("c:/Program Files/Mathcad/output.DNO")



VAX =

	0	1
0	0	0
1	0.02	$8 \cdot 10^{-6}$
2	0.04	$1.6 \cdot 10^{-5}$
3	0.06	$2.4 \cdot 10^{-5}$
4	0.08	$3.2 \cdot 10^{-5}$
5	0.1	$4 \cdot 10^{-5}$
6	0.12	$4.8 \cdot 10^{-5}$
7	0.14	$5.6 \cdot 10^{-5}$
8	0.16	$6.4 \cdot 10^{-5}$
9	0.18	$7.2 \cdot 10^{-5}$
10	0.2	$8 \cdot 10^{-5}$
11	0.22	$8.8 \cdot 10^{-5}$
12	0.24	$9.6 \cdot 10^{-5}$
13	0.26	$1.04 \cdot 10^{-4}$
14	0.28	$1.12 \cdot 10^{-4}$
15	0.3	...

Пункт №3

Находим параметры диода в MCAD.

- **Методом трех ординат**

$$Id3 := \max(VAX^{(1)}) \quad Id3 = 0.104$$

$$nMax := \text{match}(Id3, VAX^{(1)})$$

$$nMax = (50)$$

$$Ud3 := (VAX^{(0)})_{50} \quad Ud3 = 0.896$$

$$Ud1 := \text{linterp}\left(VAX^{(1)}, VAX^{(0)}, \frac{Id3}{4}\right) \quad Ud1 = 0.681 \quad Id1 := \frac{Id3}{4}$$

$$Ud2 := \text{linterp}\left(VAX^{(1)}, VAX^{(0)}, \frac{Id3}{2}\right) \quad Ud2 = 0.759 \quad Id2 := \frac{Id3}{2}$$

$$Rb := \left(\frac{Ud1 - 2 \cdot Ud2 + Ud3}{Id1}\right) \quad Rb = 2.297$$

$$NFt := \frac{(3 \cdot Ud2 - 2 \cdot Ud1 - Ud3)}{\ln(2)} \quad NFt = 0.026$$

$$Is0 := Id1 \cdot \exp\left[\frac{(Ud2 - 2 \cdot Ud1)}{NFt}\right] \quad Is0 = 2.662 \times 10^{-12}$$

- **Точный расчет параметров модели полупроводникового диода методом GIVEN MINERR**

$$Is0 := 0.0000001 \quad Rb := 1 \quad Ft := 0.02 \quad m := 2$$

$$Id1 := 0.070568 \quad Id2 := 0.033905 \quad Id3 := 0.0085164 \quad Id4 := 0.000677$$

$$Ud1 := 0.80959 \quad Ud2 := 0.70624 \quad Ud3 := 0.61161 \quad Ud4 := 0.51943$$

Given

$$Ud4 = Id4 \cdot Rb + \ln\left(\frac{Is0 + Id4}{Is0}\right) \cdot m \cdot Ft \quad Ud3 = Id3 \cdot Rb + \ln\left(\frac{Is0 + Id3}{Is0}\right) \cdot m \cdot Ft$$

$$Ud2 = Id2 \cdot Rb + \ln\left(\frac{Is0 + Id2}{Is0}\right) \cdot m \cdot Ft \quad Ud1 = Id1 \cdot Rb + \ln\left(\frac{Is0 + Id1}{Is0}\right) \cdot m \cdot Ft$$

Diod_P := Minerr(Is0, Rb, m, Ft)

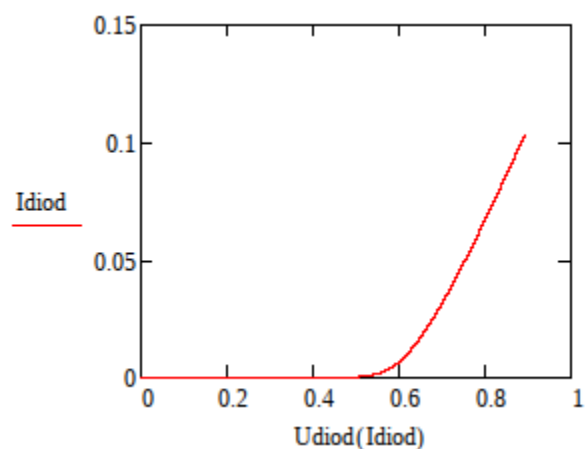
$$\text{Diod_P} = \begin{pmatrix} 1.343 \times 10^{-11} \\ 2.202 \\ 1.703 \\ 0.017 \end{pmatrix}$$

Построение графика

Is0 := Diod_P0 Rb := Diod_P1 NFt := Diod_P2 · Diod_P3

Idiod := 0, 10⁻⁵ .. max(VAX⁽¹⁾)

Udiod(Idiod) := Idiod · Rb + NFt · ln $\left(\frac{\text{Idiod} + \text{Is0}}{\text{Is0}}\right)$



Сравнение Вычисленной VAX модели и табличных данных

NFt1 := 0.0255 Is := 928.2 · 10⁻¹⁵ Rb1 := 2.302

Idiod := VAX⁽¹⁾

Udiod(Idiod) := Idiod · Rb1 + NFt1 · ln $\left(\frac{\text{Idiod} + \text{Is}}{\text{Is}}\right)$

Iproverka := (VAX⁽¹⁾)₄₀ Iproverka = 0.049

Udiod(Iproverka) = 0.743 (VAX⁽⁰⁾)₄₀ = 0.751

	0		0		0
	0		0		0
	$8 \cdot 10^{-6}$		$8 \cdot 10^{-6}$		0.02
	$1.6 \cdot 10^{-5}$		$1.6 \cdot 10^{-5}$		0.04
	$2.4 \cdot 10^{-5}$		$2.4 \cdot 10^{-5}$		0.06
	$3.2 \cdot 10^{-5}$		$3.2 \cdot 10^{-5}$		0.08
	$4 \cdot 10^{-5}$		$4 \cdot 10^{-5}$		0.1
	$4.8 \cdot 10^{-5}$		$4.8 \cdot 10^{-5}$		0.12
Idiod =	$5.6 \cdot 10^{-5}$	$VAX^{(1)} =$	$5.6 \cdot 10^{-5}$	$VAX^{(0)} =$	0.14
	$6.4 \cdot 10^{-5}$		$6.4 \cdot 10^{-5}$		0.16
	$7.2 \cdot 10^{-5}$		$7.2 \cdot 10^{-5}$		0.18
	$8 \cdot 10^{-5}$		$8 \cdot 10^{-5}$		0.2
	$8.8 \cdot 10^{-5}$		$8.8 \cdot 10^{-5}$		0.22
	$9.6 \cdot 10^{-5}$		$9.6 \cdot 10^{-5}$		0.24
	$1.04 \cdot 10^{-4}$		$1.04 \cdot 10^{-4}$		0.26
	$1.12 \cdot 10^{-4}$		$1.12 \cdot 10^{-4}$		0.28

