

МГТУ им. Н.Э. Баумана

Дисциплина «Основы электроники»

Лабораторный практикум №1

**тема: «Исследование характеристик и параметров полупроводниковых
диодов»**

Работу выполнил:

студент группы ИУ7-31

Воробьев Даниил

Работу проверил:

Москва, 2017 г.

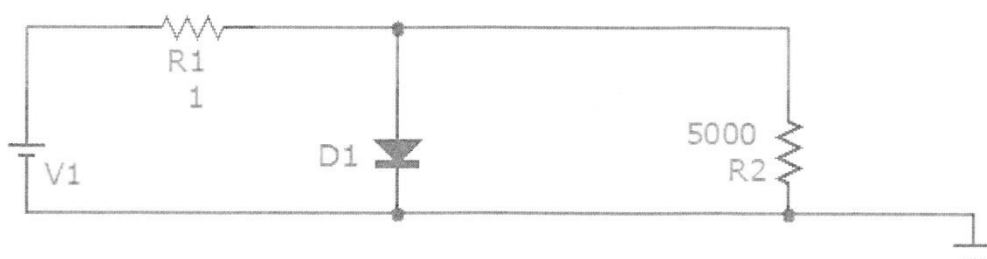
Цель работы - проведение экспериментальных исследований (натурных и модельных в программах схемотехнического анализа MathCad 15 и Micro-Cap 10) полупроводникового диода с целью получения исходных данных для расчёта параметров модели полупроводникового диода и внесение модели в базу данных программ схемотехнического анализа.

Часть 1

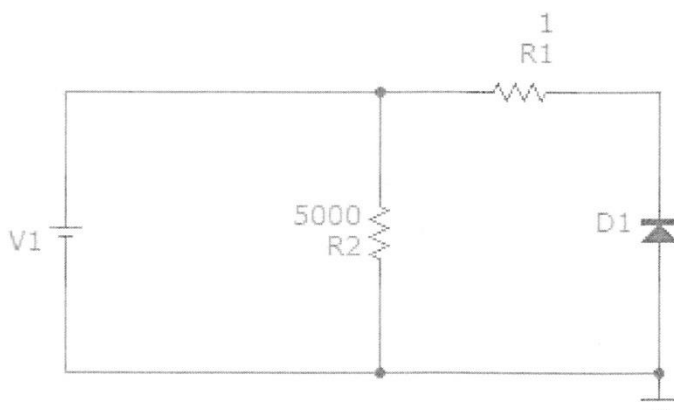
Пункт №1

Для заданного диода марки KD202J, соответствующий моему варианту, проведем моделирование лабораторного стенда для получения ВАХ диода в программе Micro-Cap 10 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



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, построенными в Micro-Cap 10 по схемам, приведенным выше.

DC Analysis Limits

Run Add Delete Expand... Stepping... Properties... Help...

Sweep

Variable	Method	Name	Range
Variable 1	Linear	V1	1,0,5,005
Variable 2	None		

Temperature

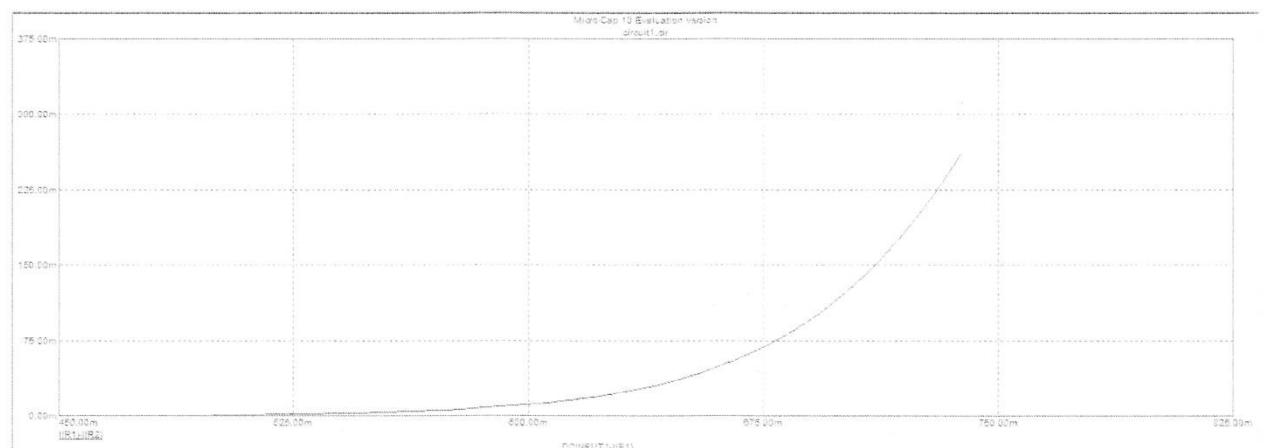
Method	Range
Linear	27

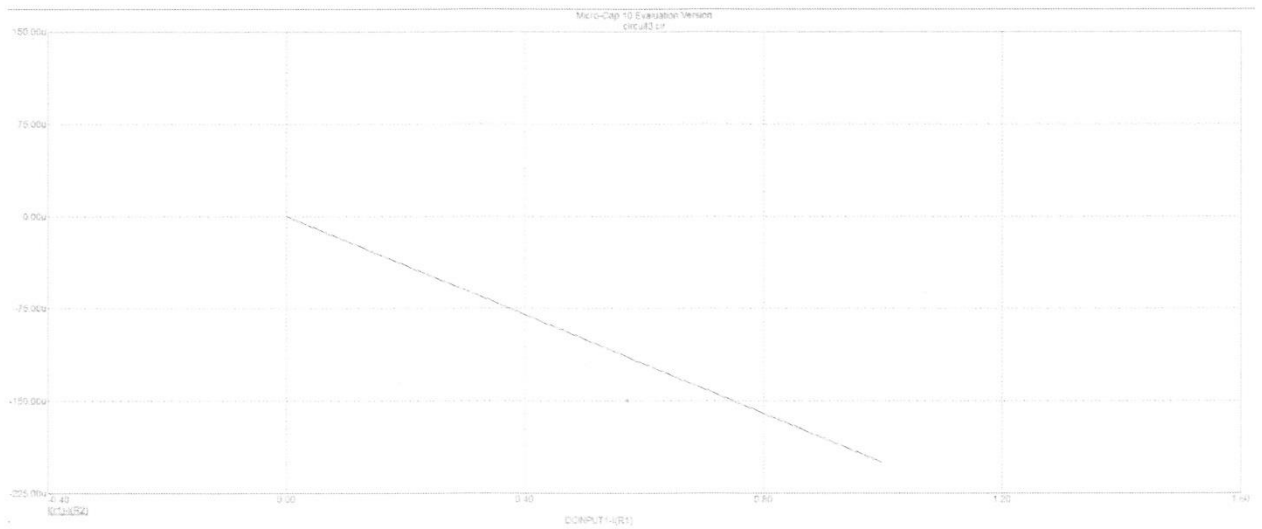
Number of Points: 51

Maximum Change %: 5

Run Options: Normal ☐ Auto Scale Ranges ☐ Accumulate Plots

Page	P	X Expression	Y Expression	X Range	Y Range
1	1	DCINPUT1-I(R1)	I(R1)-I(R2)	AutoAlways	AutoAlways
				AutoAlways	AutoAlways
				AutoAlways	AutoAlways





Пункт №2

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

0.4989594	0.0009409
0.5087008	0.0011974
0.5183750	0.0015213
0.5279658	0.0019286
0.5374541	0.0024384
0.5468175	0.0030731
0.5560309	0.0038579
0.5650662	0.0048208
0.5738937	0.0059915
0.5824827	0.0074008
0.5908038	0.0090781
0.5988297	0.0110505
0.6065376	0.0133411
0.6139104	0.0159669
0.6209371	0.0189387
0.6276139	0.0222606
0.6339431	0.0259301
0.6399325	0.0299395
0.6455945	0.0342764
0.6509446	0.0389252
0.6560006	0.0438682
0.6607810	0.0490868
0.6653050	0.0545620
0.6695913	0.0602748
0.6736579	0.0662074
0.6775219	0.0723426
0.6811993	0.0786644
0.6847049	0.0851582
0.6880522	0.0918102
0.6912538	0.0986080
0.6943209	0.1055403
0.6972638	0.1125967
0.7000921	0.1197679
0.7028142	0.1270453
0.7054378	0.1344211
0.7079701	0.1418883
0.7104175	0.1494405
0.7127857	0.1570718
0.7150801	0.1647769
0.7173055	0.1725510
0.7194664	0.1803897
0.7215669	0.1882888
0.7236107	0.1962446
0.7256011	0.2042538
0.7275413	0.2123132
0.7294342	0.2204199

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

VAX := READPRN("C:\Program Files (x86)\Spectrum Software\MC10demo\DATA\circuit1.DNO")

	0	1
0	0.499	$9.409 \cdot 10^{-4}$
1	0.509	$1.197 \cdot 10^{-3}$
2	0.518	$1.521 \cdot 10^{-3}$
3	0.528	$1.929 \cdot 10^{-3}$
4	0.537	$2.438 \cdot 10^{-3}$
5	0.547	$3.073 \cdot 10^{-3}$
6	0.556	$3.858 \cdot 10^{-3}$
7	0.565	$4.821 \cdot 10^{-3}$
8	0.574	$5.992 \cdot 10^{-3}$
9	0.582	$7.401 \cdot 10^{-3}$
10	0.591	$9.078 \cdot 10^{-3}$
11	0.599	0.011
12	0.607	0.013
13	0.614	0.016
14	0.621	0.019
15	0.628	...

VAX =

VAX⁽⁰⁾ =

	0
0	0.499
1	0.509
2	0.518
3	0.528
4	0.537
5	0.547
6	0.556
7	0.565
8	0.574
9	0.582
10	0.591
11	0.599
12	0.607
13	0.614
14	0.621
15	...

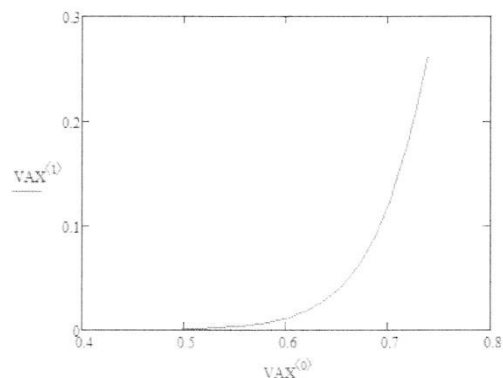
VAX⁽⁰⁾ =

VAX⁽¹⁾ =

	0
0	$9.409 \cdot 10^{-4}$
1	$1.197 \cdot 10^{-3}$
2	$1.521 \cdot 10^{-3}$
3	$1.929 \cdot 10^{-3}$
4	$2.438 \cdot 10^{-3}$
5	$3.073 \cdot 10^{-3}$
6	$3.858 \cdot 10^{-3}$
7	$4.821 \cdot 10^{-3}$
8	$5.992 \cdot 10^{-3}$
9	$7.401 \cdot 10^{-3}$
10	$9.078 \cdot 10^{-3}$
11	0.011
12	0.013
13	0.016
14	0.019
15	...

VAX⁽¹⁾ =

TOL := 0.01



Пункт №3

Находим параметры диода в MCAD, следуя инструкции из методички.

Метод трех ординат и метод вычислительного блока.

$$(VAX^{(0)})_3 = 0.528 \quad (VAX^{(1)})_3 = 1.929 \times 10^{-3}$$

$$\text{length}(VAX^{(1)}) = 51$$

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

$$Id3 = 0.262$$

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

$$nMax = \begin{pmatrix} 49 \\ 50 \end{pmatrix}$$

$$nId1 := \text{match}\left(\frac{Id3}{4}, VAX^{(1)}\right)$$

$$nId1 = \begin{pmatrix} 23 \\ 24 \\ 25 \end{pmatrix}$$

$$nId2 := \text{match}\left(\frac{Id3}{2}, VAX^{(1)}\right)$$

$$nId2 = \begin{pmatrix} 33 \\ 34 \end{pmatrix}$$

$$Ud3 := (VAX^{(0)})_{50} \quad Ud3 = 0.738$$

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

$$Ud1 = 0.673$$

$$Id1 := \frac{Id3}{4}$$

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

$$Ud2 = 0.704$$

$$Id2 := \frac{Id3}{2}$$

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

$$R_b = 0.047$$

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

$$N_{Ft} = 0.04$$

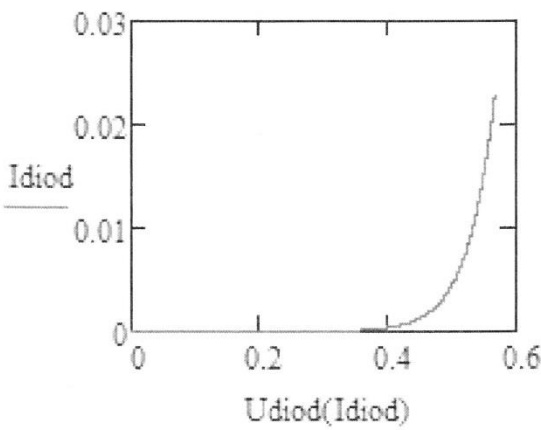
$$I_{s0} := I_{d1} \cdot \exp\left[\frac{-1}{N_{Ft}} \cdot (2 \cdot U_{d1} - U_{d3})\right]$$

$$I_{s0} = 1.864 \times 10^{-8}$$

$$I_{diod} := 0, 10^{-5} \dots 0.023$$

$I_{diod} =$

$$U_{diod}(I_{diod}) := I_{diod} \cdot R_b + N_{Ft} \cdot \ln\left[\frac{(I_{diod} + I_{s0})}{I_{s0}}\right]$$



0
$1 \cdot 10^{-5}$
$2 \cdot 10^{-5}$
$3 \cdot 10^{-5}$
$4 \cdot 10^{-5}$
$5 \cdot 10^{-5}$
$6 \cdot 10^{-5}$
$7 \cdot 10^{-5}$
$8 \cdot 10^{-5}$
$9 \cdot 10^{-5}$
$1 \cdot 10^{-4}$
$1.1 \cdot 10^{-4}$
$1.2 \cdot 10^{-4}$
$1.3 \cdot 10^{-4}$
$1.4 \cdot 10^{-4}$
...