



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Московский государственный технический университет
имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)»
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

ФАКУЛЬТЕТ «Информатика и системы управления»

КАФЕДРА «Программное обеспечение ЭВМ и информационные технологии»

ОТЧЁТ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ №1 ПО ДИСЦИПЛИНЕ: ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОНИКИ

Исследование характеристик и параметров полупроводниковых диодов

Студент _____ Палладий Е.И.

Группа _____ ИУ7-31Б

Название предприятия: НУК ИУ МГТУ им. Н. Э. Баумана

Студент	_____ Палладий Е.И.
Преподаватель	_____ Оглоблин Д.И.

2024 г.

СОДЕРЖАНИЕ

1	Описание условия задачи	2
2	Часть 1. Эксперимент	3
2.1	Исследование ВАХ полупроводниковых диодов на модели лабораторного стенда в программе microcap	3
2.2	Обработка данных в mathcad	6

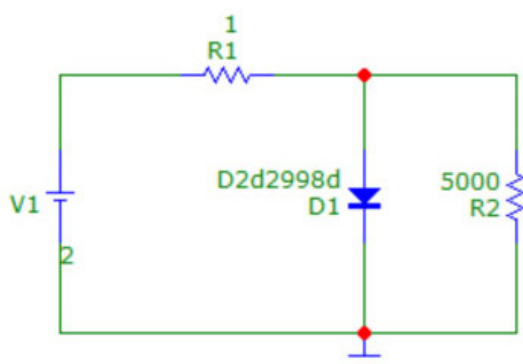
1 Описание условия задачи

Получение в программе схемотехнического анализа Microcap и исследование статических характеристик кремниевого полупроводникового диода с целью определения по ним параметров модели полупроводниковых диодов. Освоение программы Mathcad для расчёта параметров модели полупроводниковых приборов на основе данных экспериментальных исследований.

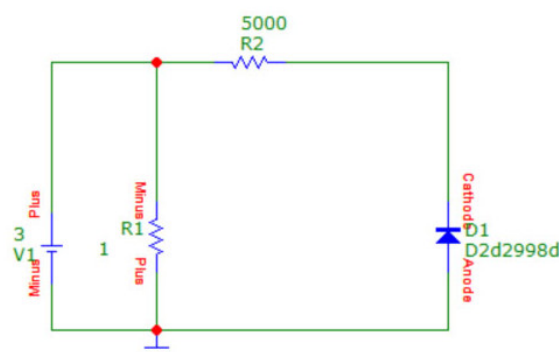
2 Часть 1. Эксперимент

2.1 Исследование ВАХ полупроводниковых диодов на модели лабораторного стенда в программе microcap

Для заданного Мне диода D2d2998d провел моделирование лабораторного стенда и получил ВАХ диода в программе Microcap как на прямой ветви, так и на обратной ветви по указанным ниже схемам рис.1.



(a) Прямая цепь



(b) Обратная цепь

Рисунок 1. Лабораторный стенд

Характеристики диода представлены на рис. 2

```
.MODEL D2D2998D D (Is=3.978u Rs=1.654m Ikf=14.37 N=1 Xti=3 Eg=1.11 Cjo=2.789n  
+ M=.3852 Vj=.75 Fc=.5 Isr=6.189m Nr=2 Bv=14.93 Ibv=1.293m  
+ Tt=100.1n)
```

Рисунок 2. Характеристики диода

Затем я построил графики в microcap для схем прямого и обратного тока. В формуле на рис.3 $I(RMA)$ домножил на 1 для получения напряжения по закону Ома. Затем нажал на кнопку Run для того, чтобы получить графики зависимости силы тока от напряжения

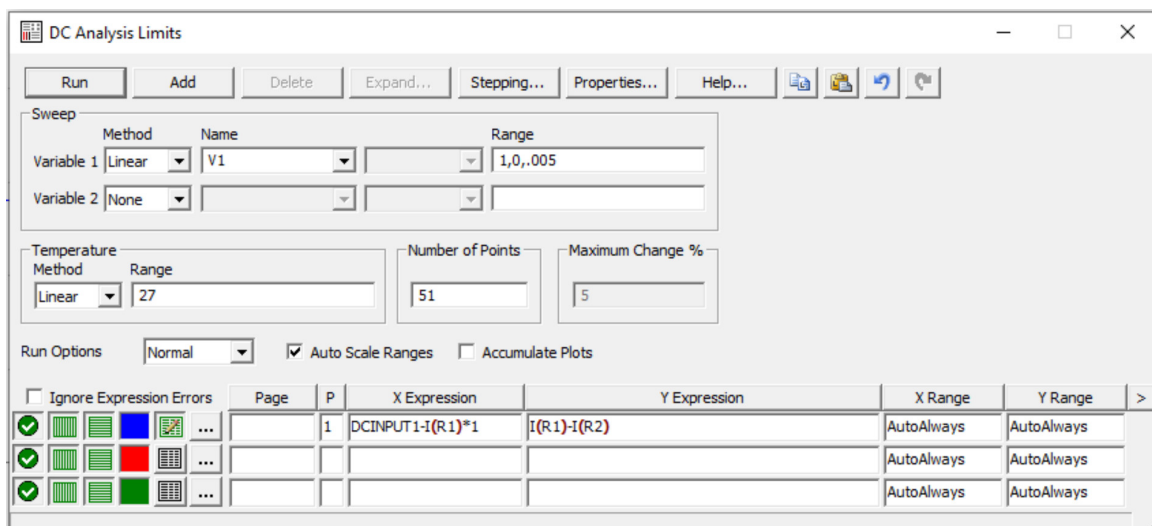


Рисунок 3. Аналитические данные прямой цепи

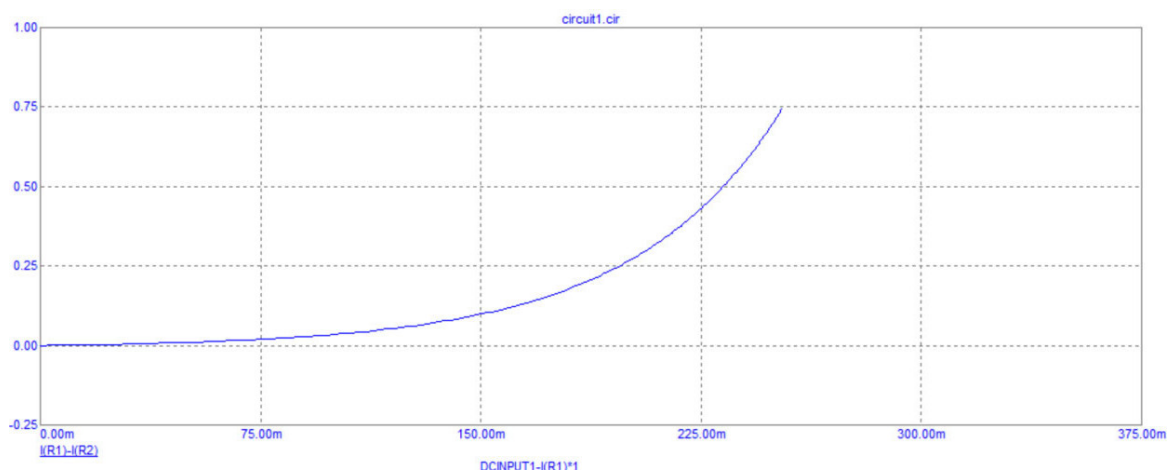


Рисунок 4. Зависимость прямого тока от напряжения

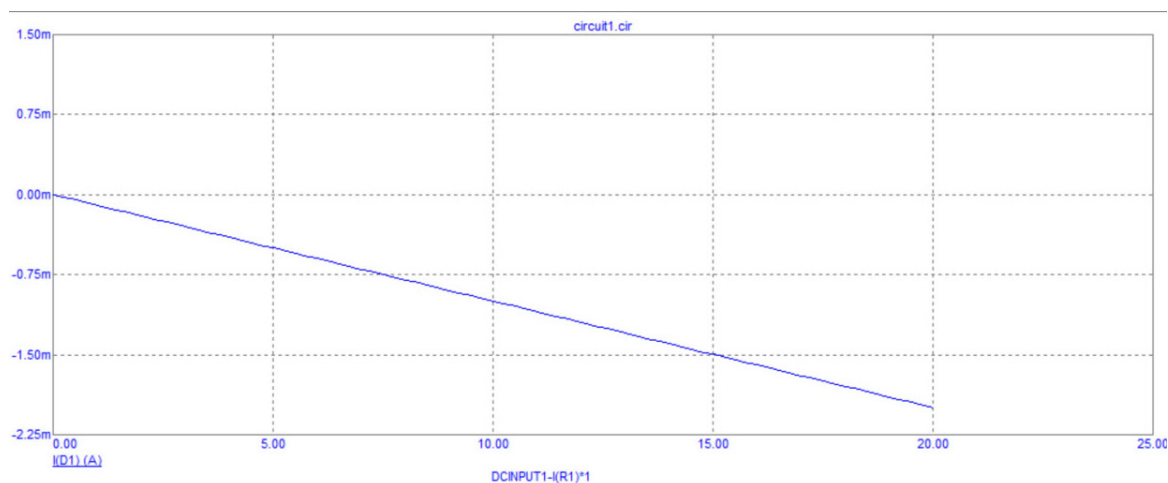


Рисунок 5. Зависимость обратного тока от напряжения

Для прямого тока сделал вывод данных в текстовый файл, но перед этим убрал любую дополнительную информацию рисб:

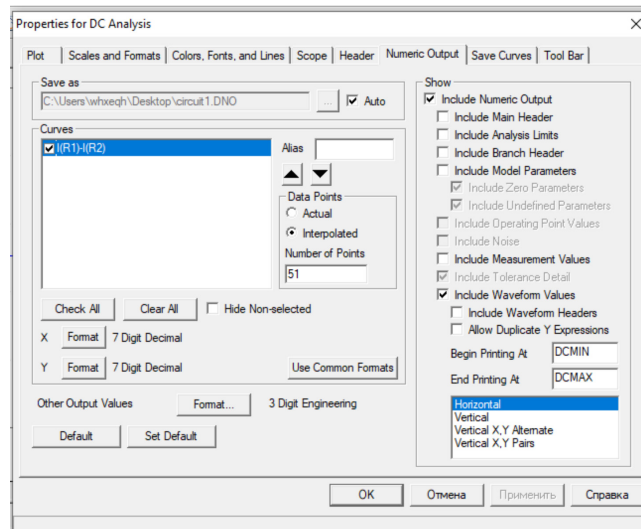


Рисунок 6. Окно Analysis/DC/limits

Итоговый текстовый файл с данными ВАХ:

0.1959535	0.2440073
0.1993255	0.2606347
0.2025213	0.2774381
0.2055568	0.2944021
0.2084454	0.3115129
0.2111994	0.3287583
0.2138296	0.3461276
0.2163456	0.3636111
0.2187560	0.3812002
0.2210685	0.3988873
0.2232901	0.4166652
0.2254271	0.4345278
0.2274851	0.4524694
0.2294693	0.4704848
0.2313844	0.4885694
0.2332346	0.5067188
0.2350239	0.5249291
0.2367559	0.5431968
0.2384338	0.5615186
0.2400606	0.5798914
0.2416392	0.5983125
0.2431722	0.6167792
0.2446618	0.6352893
0.2461104	0.6538404
0.2475199	0.6724306
0.2488923	0.6910579

Рисунок 7. Сила тока и напряжение

2.2 Обработка данных в mathcad

Сначала я считал данные из полученного в microcap файла с помощью READPRN, разбил их на два отдельных столбца и построил график

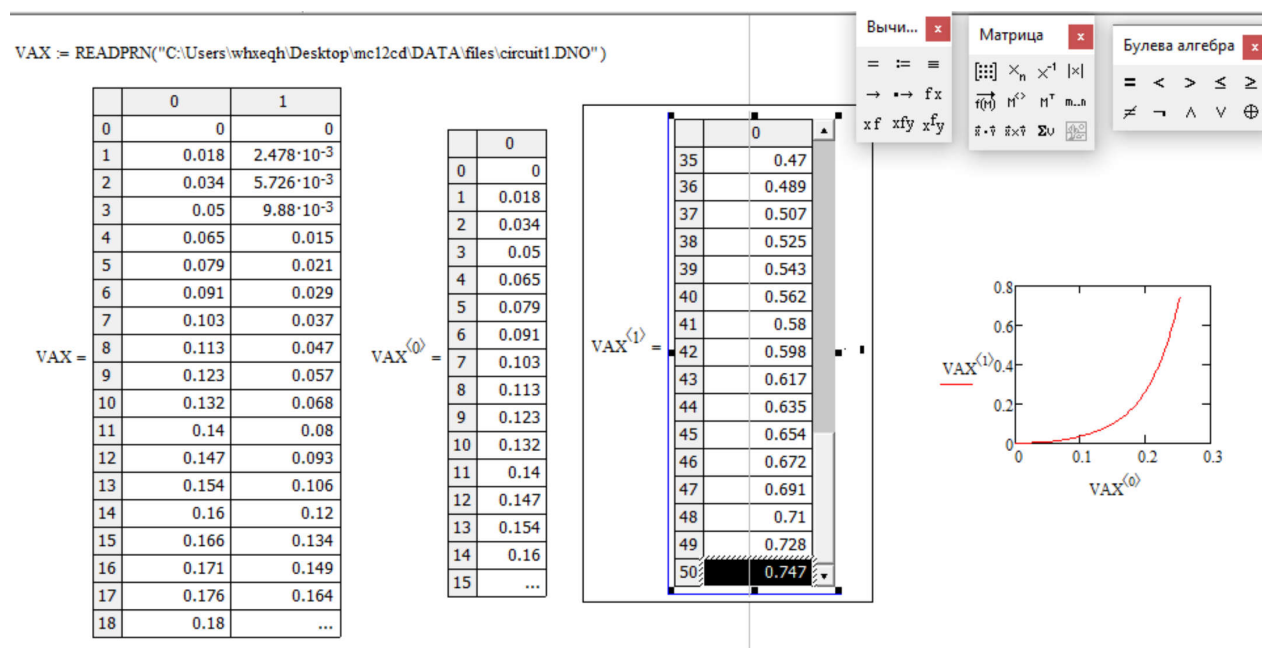


Рисунок 8. Парсинг данных из microcap и построение графика

Нашел параметры диода благодаря формулам из методички. 4 точки на графике искал методом трассировки

$$\begin{aligned}
 U_{d1} &:= 0.091326 & I_{d1} &:= 0.028656 \\
 U_{d2} &:= 0.14703 & I_{d2} &:= 0.092942 \\
 U_{d3} &:= 0.20556 & I_{d3} &:= 0.2944 \\
 U_{d4} &:= 0.23676 & I_{d4} &:= 0.5432 \\
 R_b &:= \frac{(U_{d1} - 2 \cdot U_{d2} + U_{d3})}{I_{d1}} & R_b &= 0.099 \\
 N_{ft} &:= \left[\frac{(3 \cdot U_{d2} - 2 \cdot U_{d1}) - U_{d3}}{\ln(2)} \right] & N_{ft} &= 0.076 \\
 I_o &:= I_{d1} \cdot 10^{\frac{(U_{d3} - 2 \cdot U_{d2})}{N_{ft}}} & I_o &= 1.982 \times 10^{-3}
 \end{aligned}$$

Рисунок 9. Нахождение параметров диода

Затем нашел параметры модели полупроводникового диода методом **GIVEN MINERR**

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

Given

$$Ud1 = Id1 \cdot Rb + \ln\left[\frac{(Is0 + Id1)}{Is0}\right] \cdot m \cdot Ft$$

$$Ud2 = Id2 \cdot Rb + \ln\left[\frac{(Is0 + Id2)}{Is0}\right] \cdot m \cdot Ft$$

$$Ud3 = Id3 \cdot Rb + \ln\left[\frac{(Is0 + Id3)}{Is0}\right] \cdot m \cdot Ft$$

$$Ud4 = Id4 \cdot Rb + \ln\left[\frac{(Is0 + Id4)}{Is0}\right] \cdot m \cdot Ft$$

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

$$Diod_P = \begin{pmatrix} 6.389 \times 10^{-3} \\ -4.887 \times 10^{-3} \\ 4.299 \\ 0.013 \end{pmatrix}$$

Рисунок 10. Метод Given Minerr

В итоге построил график ВАХ диода по формуле. Как видно из рис.8 мое мак-
симальное значение силы тока $Idiod=0.747$ А

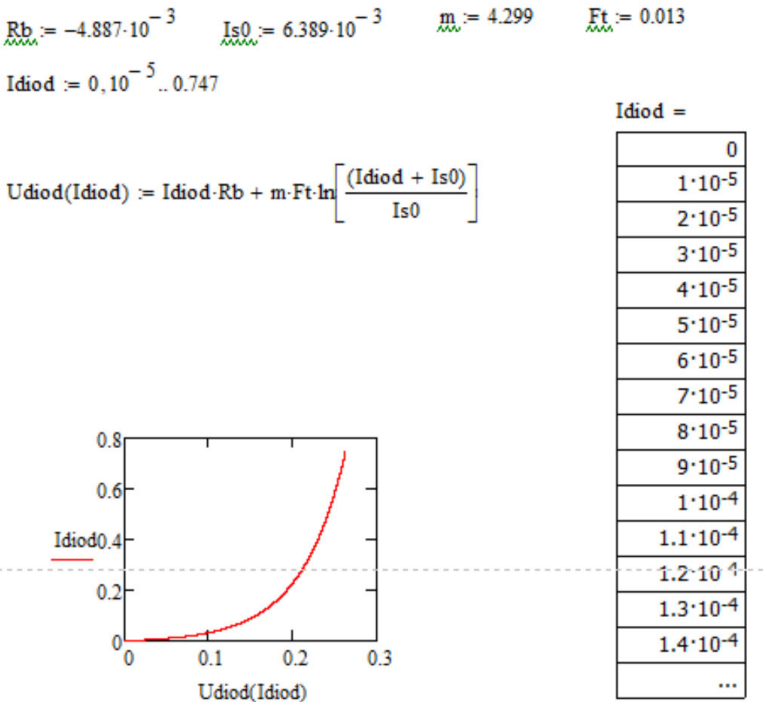


Рисунок 11. График ВАХ диода

Взяв одну из точек на графике, проверил работу формулы

$$(VAX^{(0)})_{45} = 0.246$$

$$I_{\text{proverka}} := (VAX^{(1)})_{45} \quad I_{\text{proverka}} = 0.654$$

$$U_{\text{diod}}(I_{\text{proverka}}) = 0.256$$

Рисунок 12. Проверка формулы

Совместил ВАХ экспериментальную и ВАХ теоретическую на один график

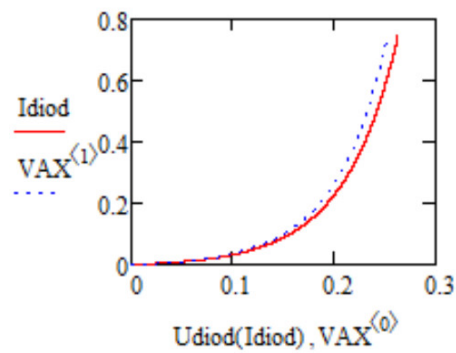


Рисунок 13. Исходный и теоретический график