

МГТУ им. Н.Э. Баумана

Дисциплина электроника

Лабораторный практикум №3

по теме: «Полупроводниковые диоды»

Работу выполнил:

студентка группы ИУ7-34Б

Ильченко Ева

Работу проверил:

Цель работы

Получение и исследование статических и динамических характеристик германиевого и кремниевого полупроводниковых диодов с целью определение по ним параметров модели полупроводниковых диодов, размещения моделей в базе данных программ схемотехнического анализа. Приобретение навыков расчета моделей полупроводниковых приборов в программах Multisim и Mathcad по данным, полученным в экспериментальных исследованиях, а также включение модели в базу компонентов.

Эксперимент 1

ВКЛЮЧЕНИЕ МОДЕЛИ ПОЛУПРОВОДНИКОВОГО ДИОДА, ЗАДАННОГО ОПИСАНИЕМ В ФОРМАТЕ PCPICE, В БАЗУ ДАННЫХ MULTISIM

Добавим пользовательский полупроводниковый диод D2C168A в базу данных программы Multisim. Сформируем новое семейство компонент в User Database.

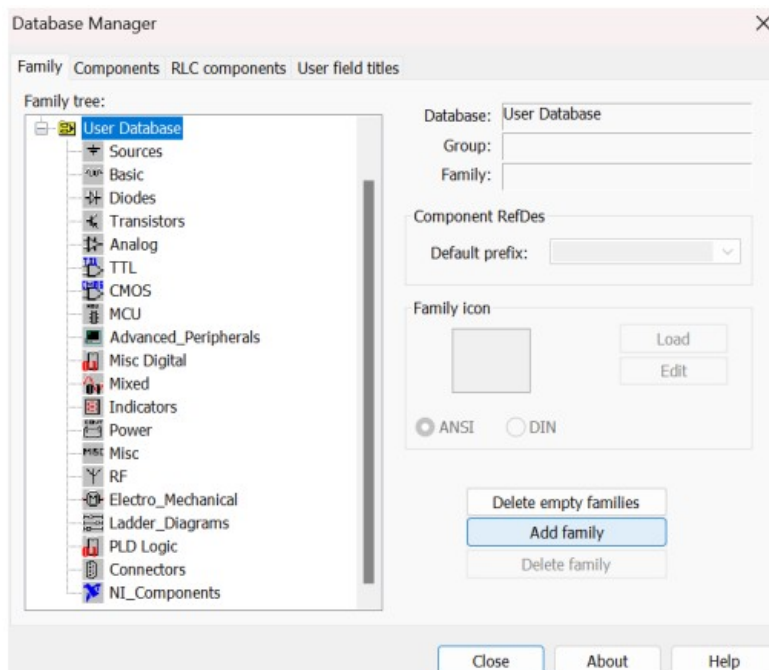


Рис. 1 DatabaseManager.

Укажем имя нового семейства, где в будущем будут размещаться добавленные компоненты

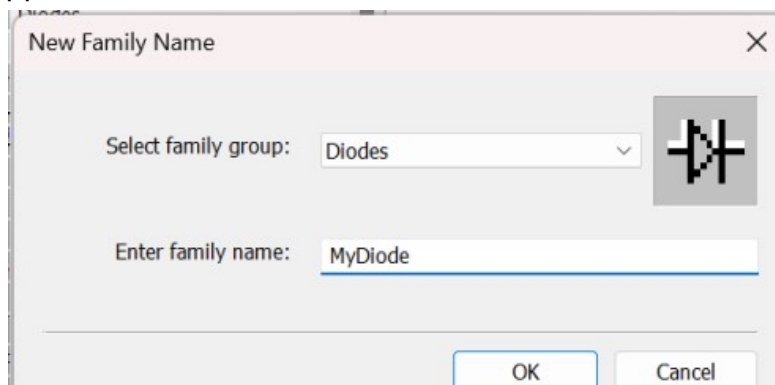


Рис.2 Объявление имени нового семейства.

Указываем схемное обозначение элемента в окне Component RefDes—D (диод)

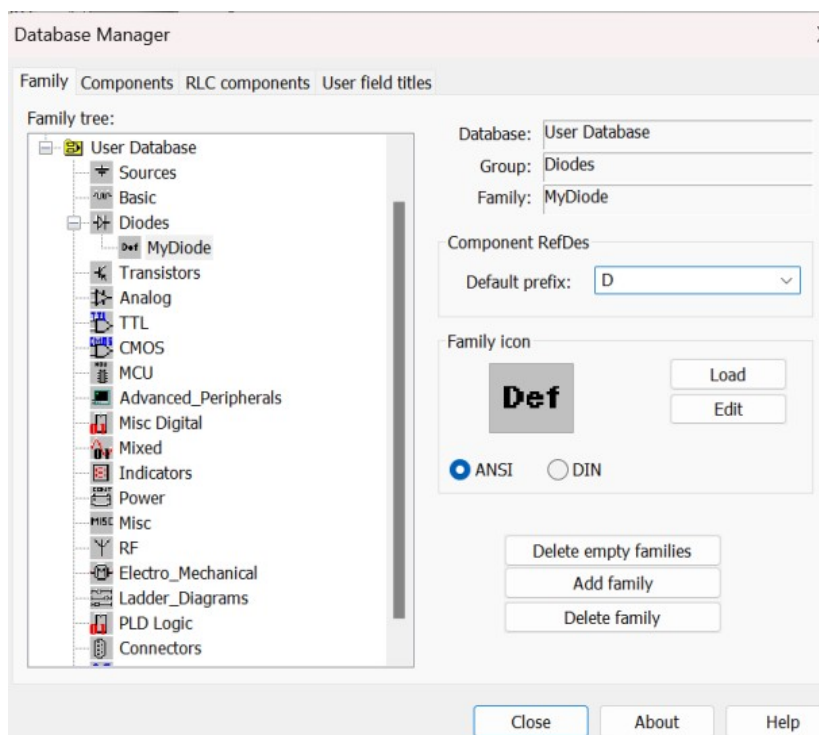


Рис.3 Схемное обозначение элемента.

Запускаем мастер создания компонента—Component Wizard, который «по шагам» поможет ввести компонент в созданную базу данных. С помощью помощника компонентов добавим диод D2C168A

На втором шаге вводим информация о том, сколько выводов имеет компонент и какое исполнение компонента.

Третий шаг по созданию компонента—это определение его графического представления на принципиальной схеме. Для одного компонента выберем условное изображение, копируя символ из базы данных Multisim.

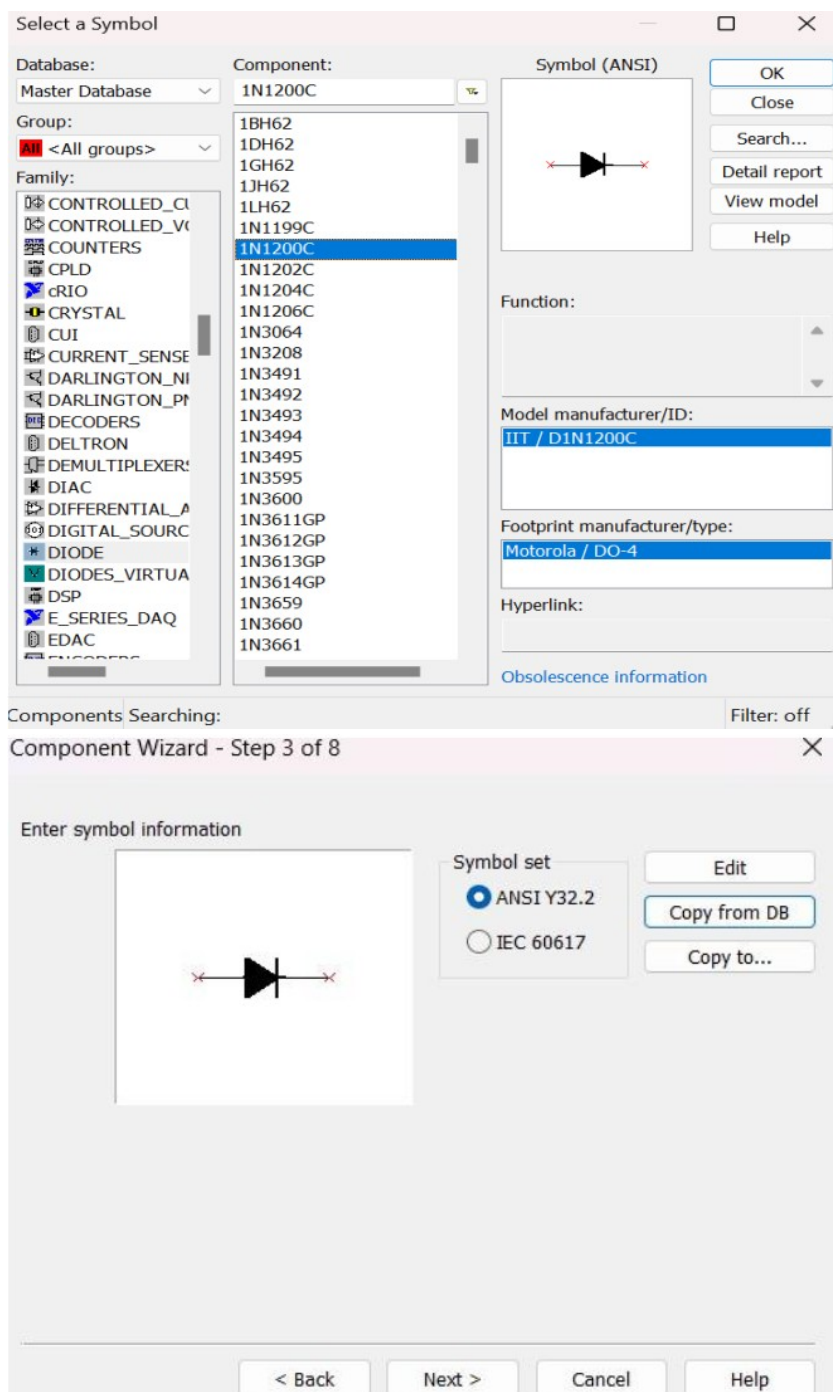


Рис.4-5 Шаг 3–добавление изображения диоду.

Четвёртый шаг—это определение параметров контактов компонента.

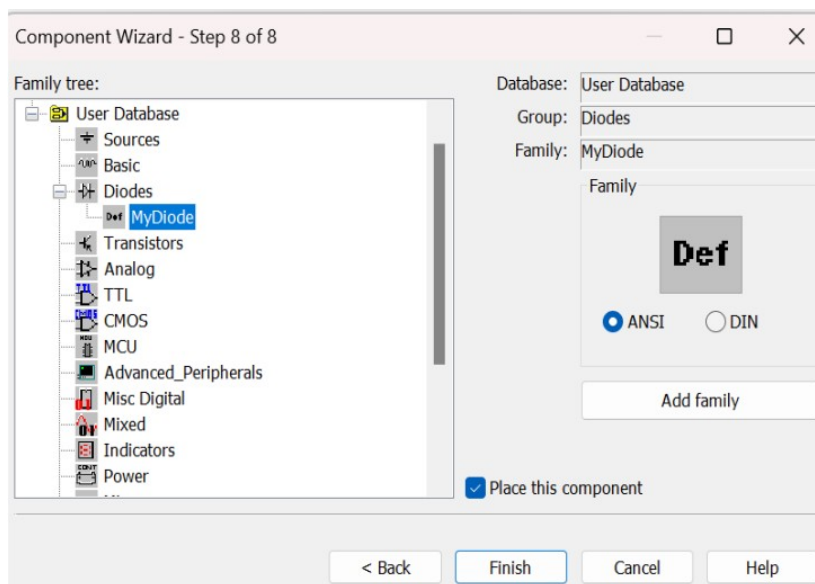


Рис.9 Шаг 8–Добавление диода в семейство.

В результате проведённых операций в User database появится новый элемент–полупроводниковый диод D2C168A. Мы включили диод в нашу базу данных и можем применять его в электрических схемах.

Эксперимент 2

ИССЛЕДОВАНИЕ ВАХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ДИОДОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МУЛЬТИМЕТРОВ

В данном эксперименте я создам модельный стенд, используя заданный диод, и запишу результаты измерений тока и напряжения с помощью мультиметров.

Для начала, мы создадим простую электрическую цепь, включив в нее заданный диод:

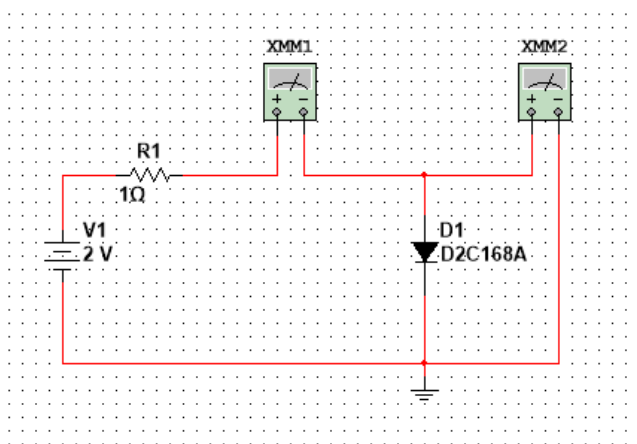


Рис.10.Схема для измерения ВАХ диода.

Установим мультиметр XMM1 в режим измерения тока (амперметра), а XMM2–в режим измерения напряжения (вольтметра), после чего начнем выполнение симуляции:

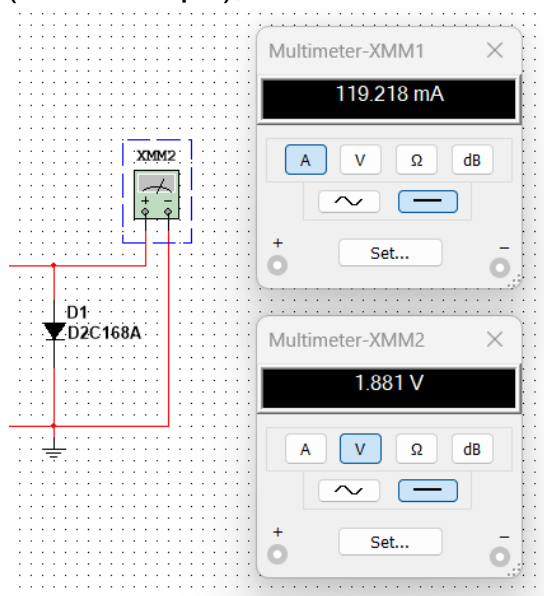


Рис.11.Запуск симуляции

Построим Вольт-Амперную Характеристику (ВАХ) диода, применив DC SWEEP((Simulate-> Analyses-> DC Sweep, Analyses parameters, Output).

Для этого, начнем с установки параметров для источника напряжения: установим начальное значение 0, конечное значение 2, и будем увеличивать напряжение с интервалом 0.05.

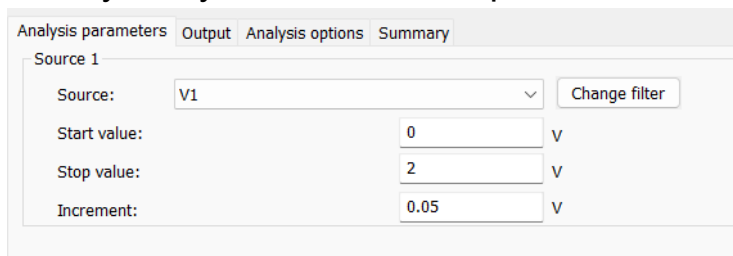


Рис.12.Параметры напряжения

Затем установим выходной параметр, который будет представлен в виде значения тока, проходящего через диод, и запустим симуляцию:

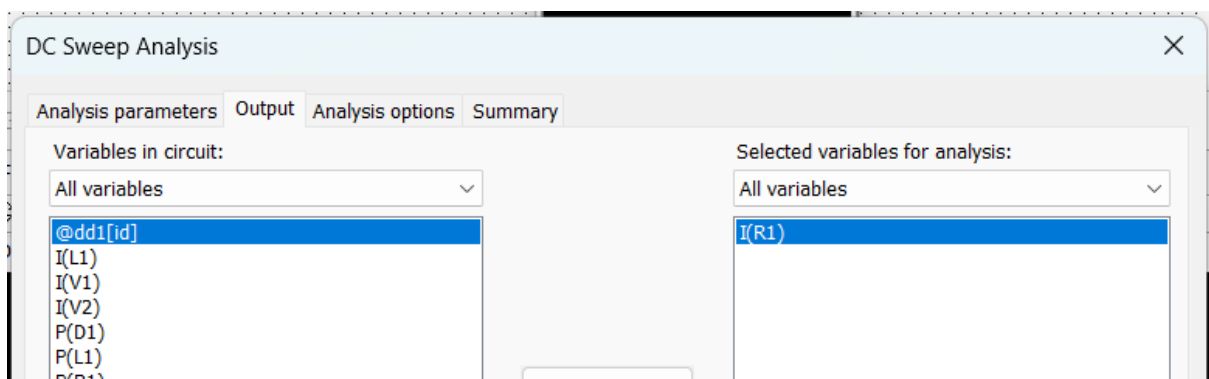


Рис.13.Установка выходных параметров.

В итоге мы получили вольт-амперную характеристику (ВАХ) диода для прямого тока.

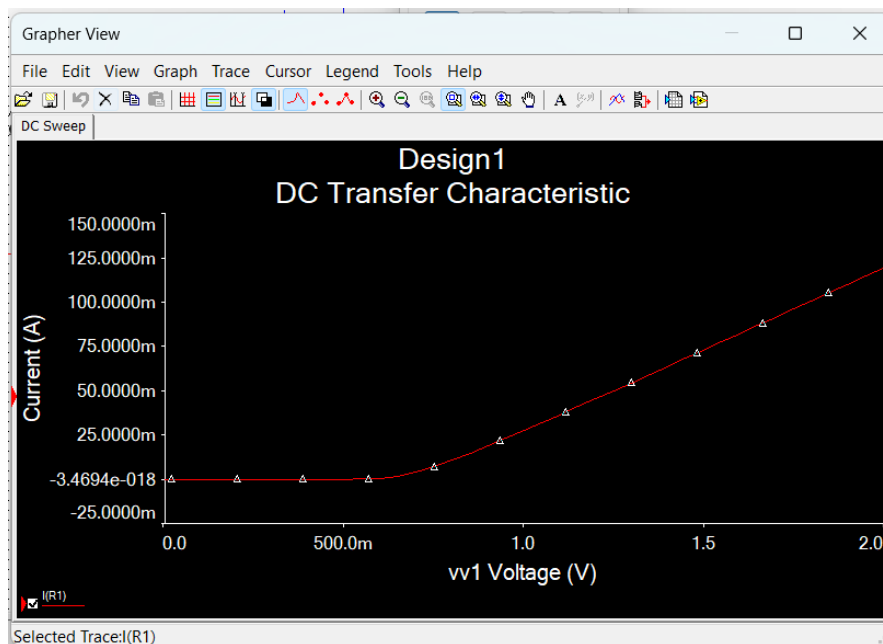


Рис.14. ВАХ диода по прямому току.

Пересоберём схему для обратного тока

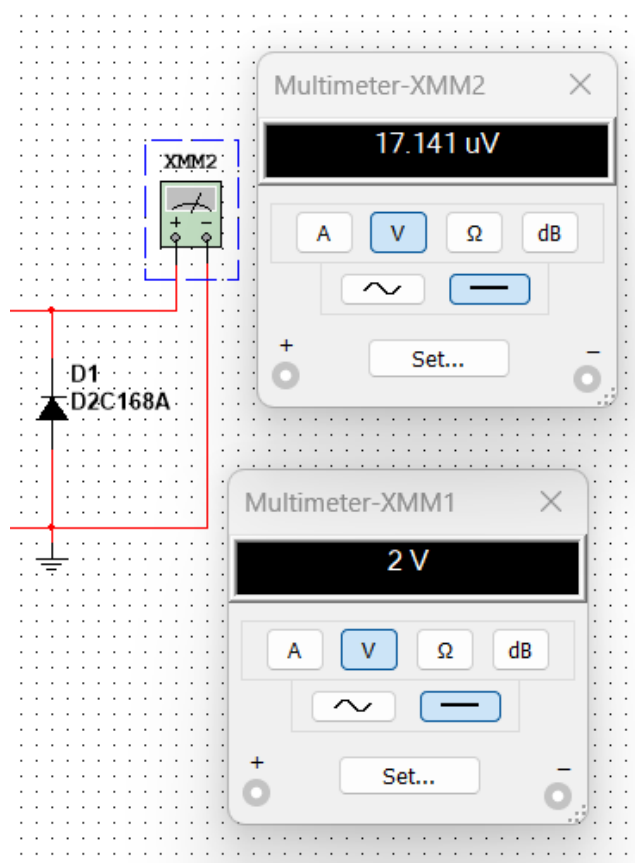


Рис. 15. Запуск симуляции

Для обратной цепи устанавливаем конечное напряжение от 0 до 10 и запускаем симуляцию:

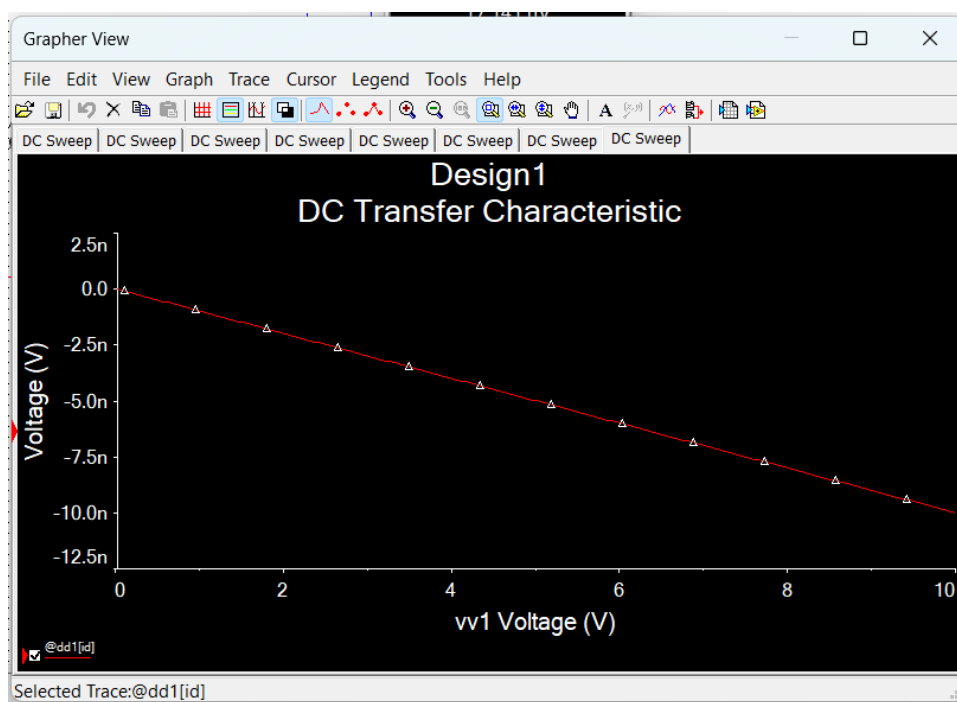


Рис.16. ВАХ диода по обратному току.

Эксперимент 3

ИССЛЕДОВАНИЕ ВАХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ДИОДОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОСЦИЛЛОГРАФА И ГЕНЕРАТОРА

В ходе третьего эксперимента, мы проведем измерение вольт-амперной характеристики (ВАХ) диода с применением осциллографа, а затем воспользуемся Mathcad для вычисления его характеристических параметров.

Для начала создадим необходимую электрическую схему для измерения ВАХ с использованием осциллографа, где на входе В у нас установлен резистор с сопротивлением 1 Ом, и его напряжение численно равно току, проходящему через диод, а на входе А подается напряжение, измеренное на диоде.

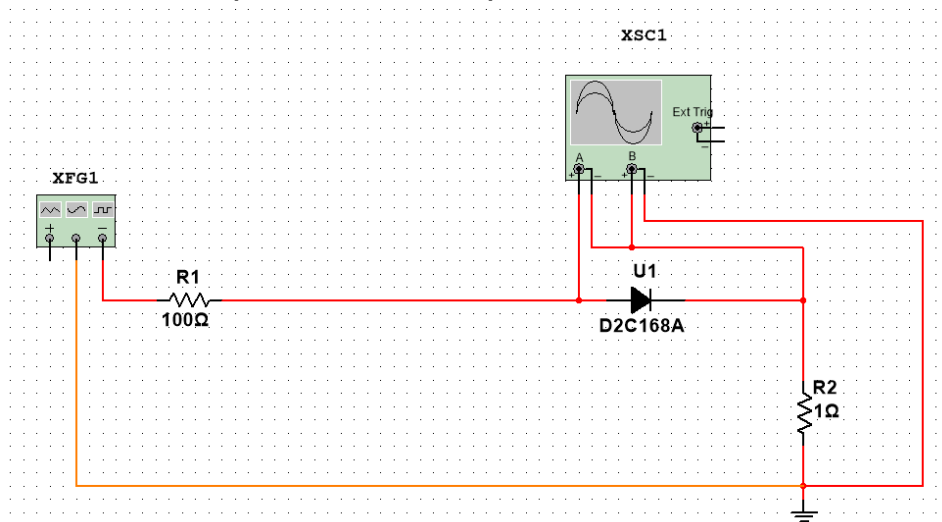


Рис.17.Схема для измерения ВАХ с осциллографом.

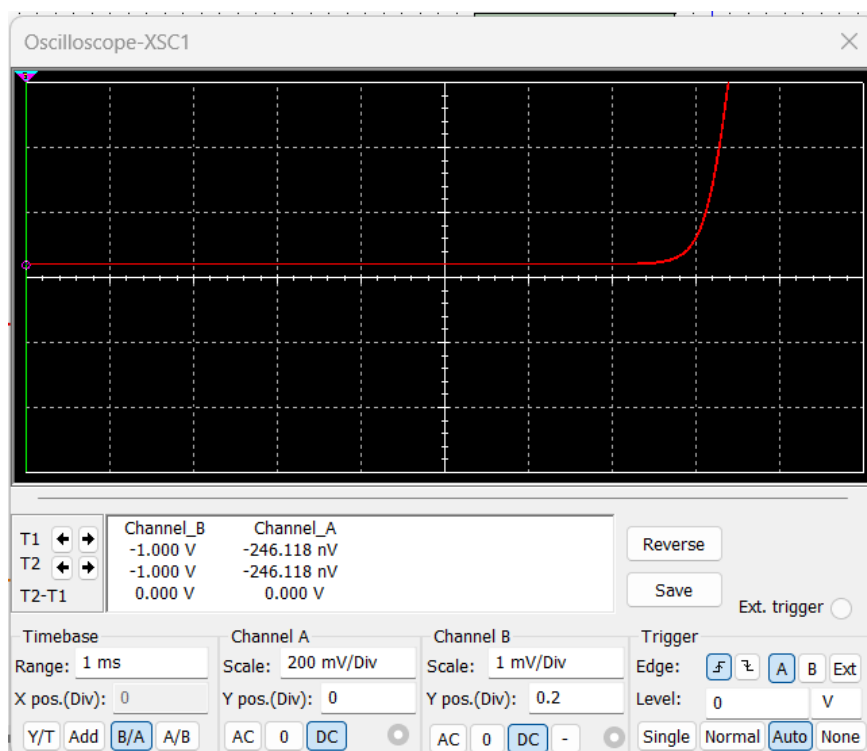


Рис.18.ВАХ диода на осциллографе.

Полученное ВАХ диода переносим в Grapher, а затем экспортируем ее в формат dlm для последующего импорта в Mathcad:

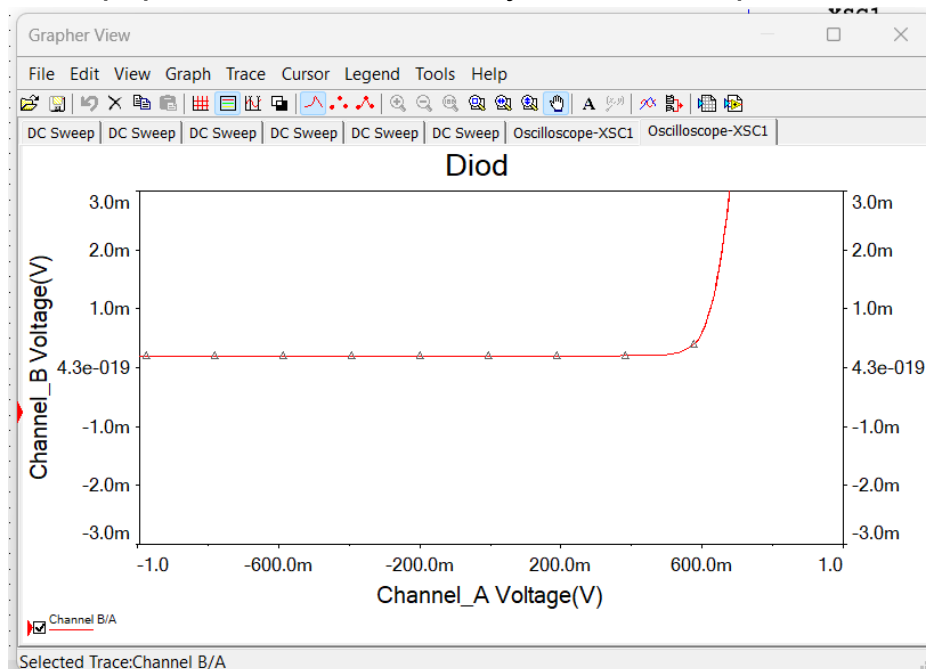


Рис.19.ВАХ диода в Grapher view.

В окне Grapher View формируем выходной текстовый файл с данными расчёта

Переносим данные в Mathcad и проведем расчет параметров диода, используя метод GivenMinerr:

VAX =

	0	1
0	$-8.376 \cdot 10^{-3}$	$1.935 \cdot 10^{-8}$
1	$-3.376 \cdot 10^{-3}$	$1.355 \cdot 10^{-7}$
2	$1.624 \cdot 10^{-3}$	$2.517 \cdot 10^{-7}$
3	$6.624 \cdot 10^{-3}$	$3.679 \cdot 10^{-7}$
4	0.012	$4.841 \cdot 10^{-7}$
5	0.017	$6.003 \cdot 10^{-7}$
6	0.022	$7.164 \cdot 10^{-7}$
7	0.027	$8.326 \cdot 10^{-7}$
8	0.032	$9.488 \cdot 10^{-7}$
9	0.037	$1.065 \cdot 10^{-6}$
10	0.042	$1.181 \cdot 10^{-6}$
11	0.047	$1.221 \cdot 10^{-6}$
12	0.052	$1.227 \cdot 10^{-6}$
13	0.057	$1.233 \cdot 10^{-6}$
14	0.062	$1.239 \cdot 10^{-6}$
15	0.067	...

Рис.20.Данные в Mathcad.

$$\begin{aligned}
 U_{d1} &:= (VAX^{(0)})_{107} = 0.502 & U_{d2} &:= (VAX^{(0)})_{120} = 0.567 & U_{d3} &:= (VAX^{(0)})_{135} = 0.642 \\
 I_{d1} &:= (VAX^{(1)})_{107} = 2.909 \times 10^{-5} & I_{d2} &:= (VAX^{(1)})_{120} = 1.575 \times 10^{-4} & I_{d3} &:= (VAX^{(1)})_{135} = 1.303 \times 10^{-3}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_b &:= 1 & I_{s0} &:= 0.0000001 & m &:= 2 & F_t &:= 0.02
 \end{aligned}$$

Given

$$\begin{aligned}
 U_{d1} &= I_{d1} \cdot R_b + \ln\left(\frac{I_{s0} + I_{d1}}{I_{s0}}\right) \cdot m \cdot F_t \\
 U_{d2} &= I_{d2} \cdot R_b + \ln\left(\frac{I_{s0} + I_{d2}}{I_{s0}}\right) \cdot m \cdot F_t \\
 U_{d3} &= I_{d3} \cdot R_b + \ln\left(\frac{I_{s0} + I_{d3}}{I_{s0}}\right) \cdot m \cdot F_t \\
 U_{d4} &= I_{d4} \cdot R_b + \ln\left(\frac{I_{s0} + I_{d4}}{I_{s0}}\right) \cdot m \cdot F_t
 \end{aligned}$$

$$\text{Diod_P} := \text{Minerr}(I_{s0}, R_b, m, F_t)$$

$$\text{Diod_P} = \begin{pmatrix} 3.386 \times 10^{-11} \\ 7.714 \times 10^0 \\ 1.873 \times 10^0 \\ 1.961 \times 10^{-2} \end{pmatrix}$$

$$\begin{aligned}
 U_{d4} &:= (VAX^{(0)})_{125} = 0.592 \\
 I_{d4} &:= (VAX^{(1)})_{125} = 3.254 \times 10^{-4}
 \end{aligned}$$

Рис.21.Расчет параметров диода.

Строим графики по данным из Multisim и по полученным с помощью Given-Minerr данным:

$$Idiod := 0,10^{-5} .. 3 \cdot 10^{-3}$$

$$Udiod(Idiod) := Idiod \cdot Rb + Ft \cdot \ln\left(\frac{Idiod + Is0}{Is0}\right)$$

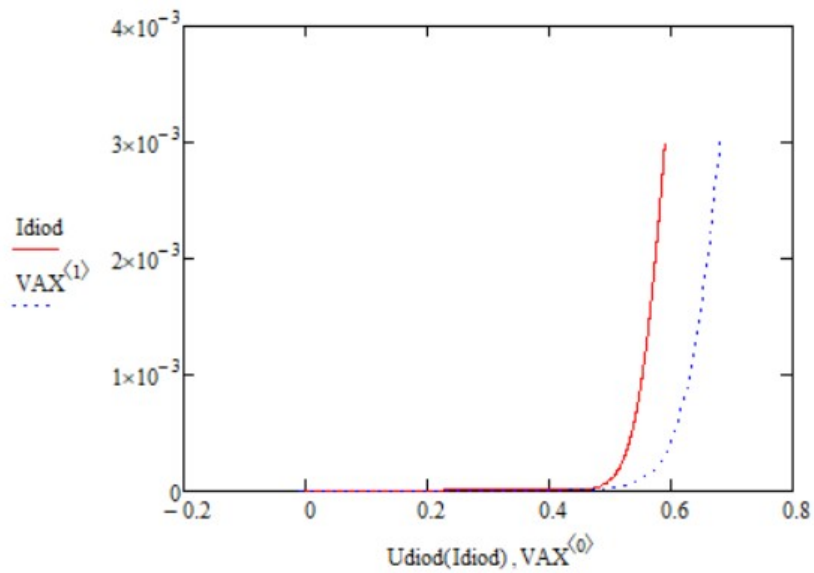


Рис.22.Обработка полученной ВАХ в программе Mathcad

Эксперимент 4

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫПРЯМИТЕЛЬНЫХ СВОЙСТВ ДИОДА ПРИ ПОМОЩИ ОСЦИЛЛОГРАФА.

В эксперименте мы собираемся исследовать, как диод выпрямляет сигнал. Сначала нам нужно настроить осциллограф, чтобы измерить временную развертку сигнала, используя гармонический сигнал.

Настроим осциллограф на измерение временной развертки сигнала генератора(клавиша Y/T): частота генератора 1 кГц, амплитуда 10В.

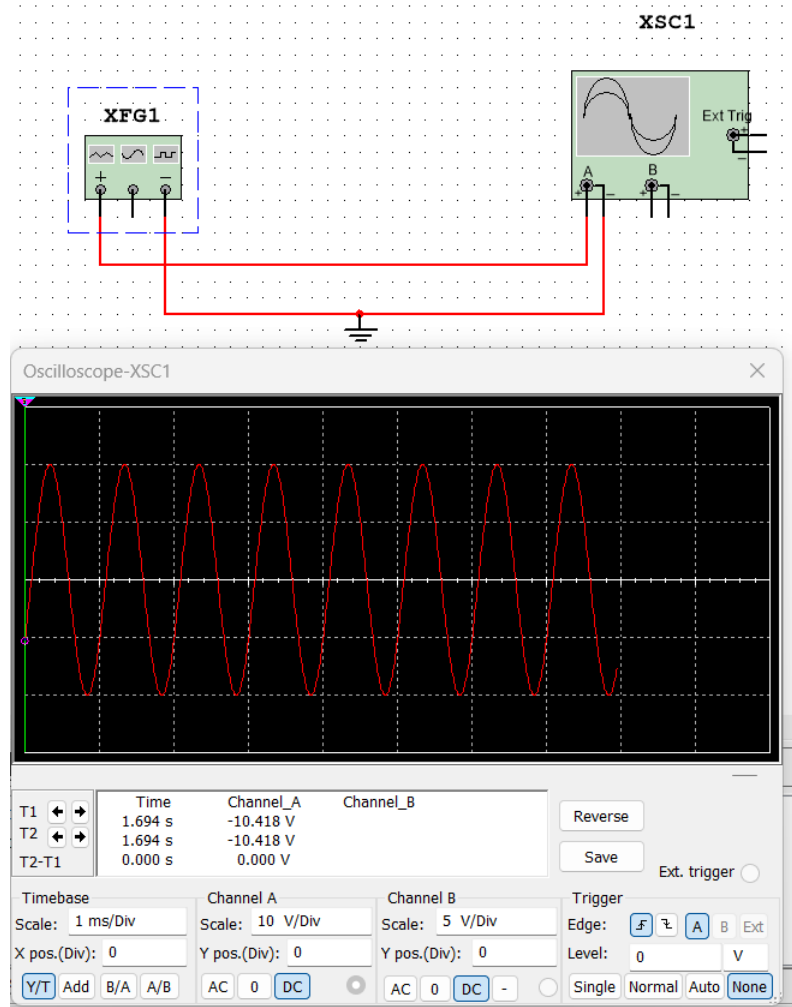


Рис.23.Настройка осциллографа.

Теперь добавим в схему диод и сопротивления.

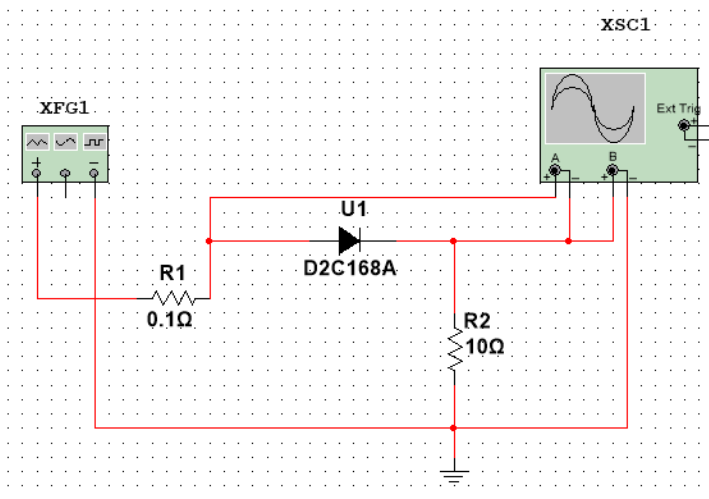


Рис.24.Схема с диодом.

На канале А мы анализируем напряжение, измеренное на диоде, а на канале Б фиксируем напряжение на нагрузочном резисторе:

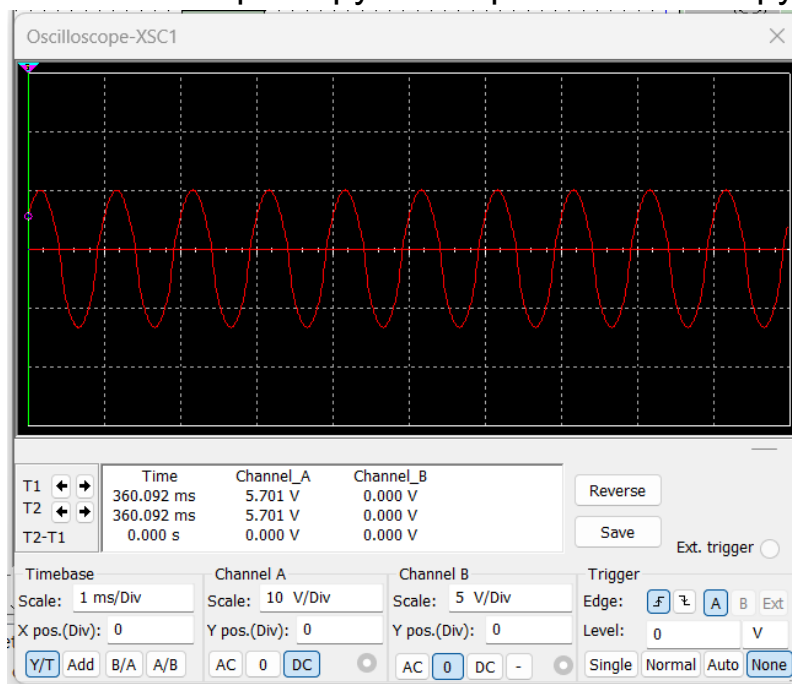


Рис.25.Напряжение на диоде.

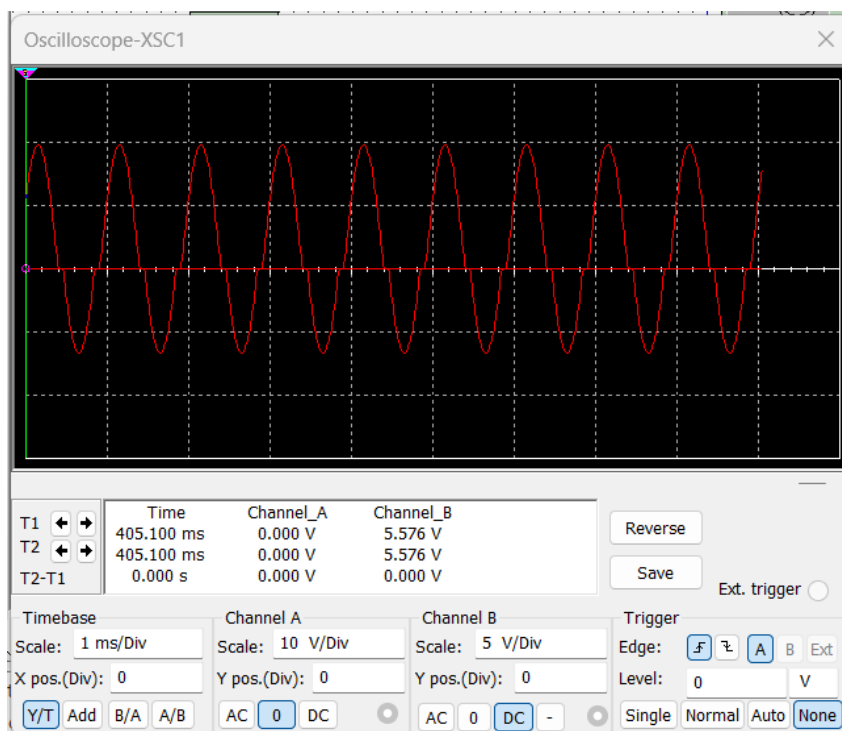


Рис.26.Напряжение на нагрузочном резисторе.

Если параллельно нагрузочному резистору поставить накопительный конденсатор, среднее напряжение вырастет, как и полагается, в корень из 2 раз.

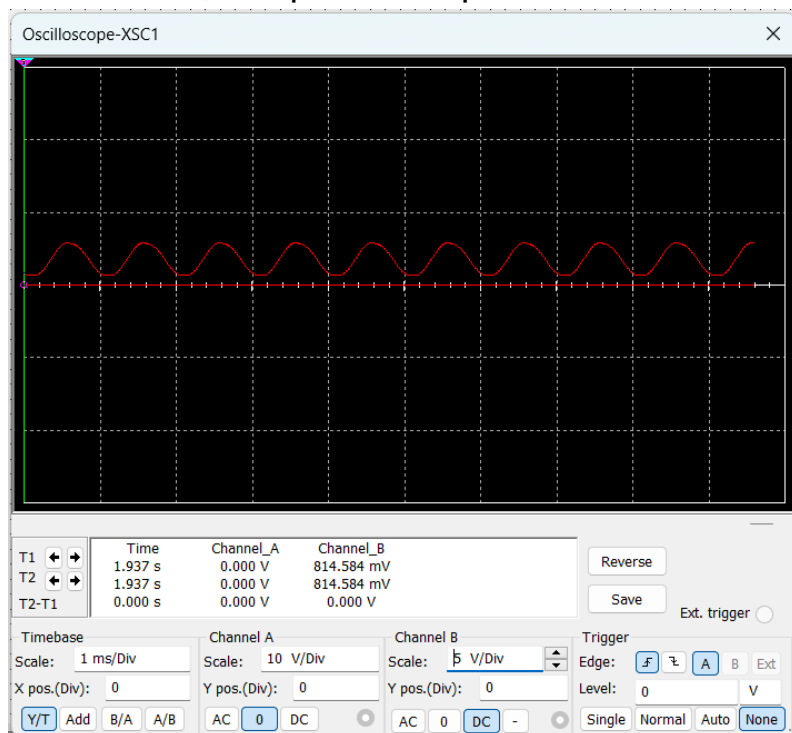


Рис.27.Напряжение на нагрузке с конденсатором.

Вывод

Целью данного исследования было получение и анализ статических и динамических характеристик германиевых и кремниевых полупроводниковых диодов с целью определения параметров модели полупроводниковых диодов и их последующего включения в базу данных программ для схемотехнического анализа. Я приобрела навыки расчета моделей полупроводниковых приборов с использованием программных средств, таких как Multisim и Mathcad, на основе данных, полученных в ходе экспериментальных исследований. Это позволило внедрить полученные модели в базу компонентов для будущих проектов и анализа полупроводниковых приборов.