

Национальный исследовательский университет «МЭИ»
Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова
Кафедра электроники и наноэлектроники

Расчетное задание №1
по курсу
«Автоматизация анализа электронных схем»

Группа: ЭР-05-20
Студент: Волчков Д. Н.
Преподаватель: Баринов А. Д.
Оценка:

Москва
2022

Для расчёта характеристик диода, воспользуемся данными из расчётного задания по дисциплине «Твердотельная электроника», исходные данные которой:

Материал	Толщина сильнолегированной области, мкм	Толщина базы, мкм	Площадь рп-перехода, мм ²	Легирование сильнолегированной области, см ⁻³	Легирование базы, см ⁻³	Время жизни дырок, мкс	Время жизни электронов, мкс
Si	0.4	100	4	$5 \cdot 10^{18}$	$5 \cdot 10^{16}$	0.5	0.005

С помощью средств математической программы Mathcad Prime получим недостающие характеристики для SPICE-модели диода (Рисунки 1-4):

$T_0 := 300$	$E_g(T_0) = 1.053$	$R_E(0, T_0) = 0.086$
$T_1 := 213$	$E_g(T_1) = 1.087$	$R_E(0, T_1) = 0.053$
$T_2 := 298$	$E_g(T_2) = 1.054$	$R_E(0, T_2) = 0.085$
$T_3 := 358$	$E_g(T_3) = 1.03$	$R_E(0, T_3) = 0.119$

Рисунок 1 – Расчет ширины запрещенной зоны и сопротивления базы

$I_s(T_0) = 5.191 \cdot 10^{-12}$	$\phi_k(T_2) = 0.032$
$I_s(T_1) = 1.791 \cdot 10^{-20}$	
$I_s(T_2) = 3.76 \cdot 10^{-12}$	
$I_s(T_3) = 1.285 \cdot 10^{-8}$	

Рисунок 2 – Расчет тока насыщения

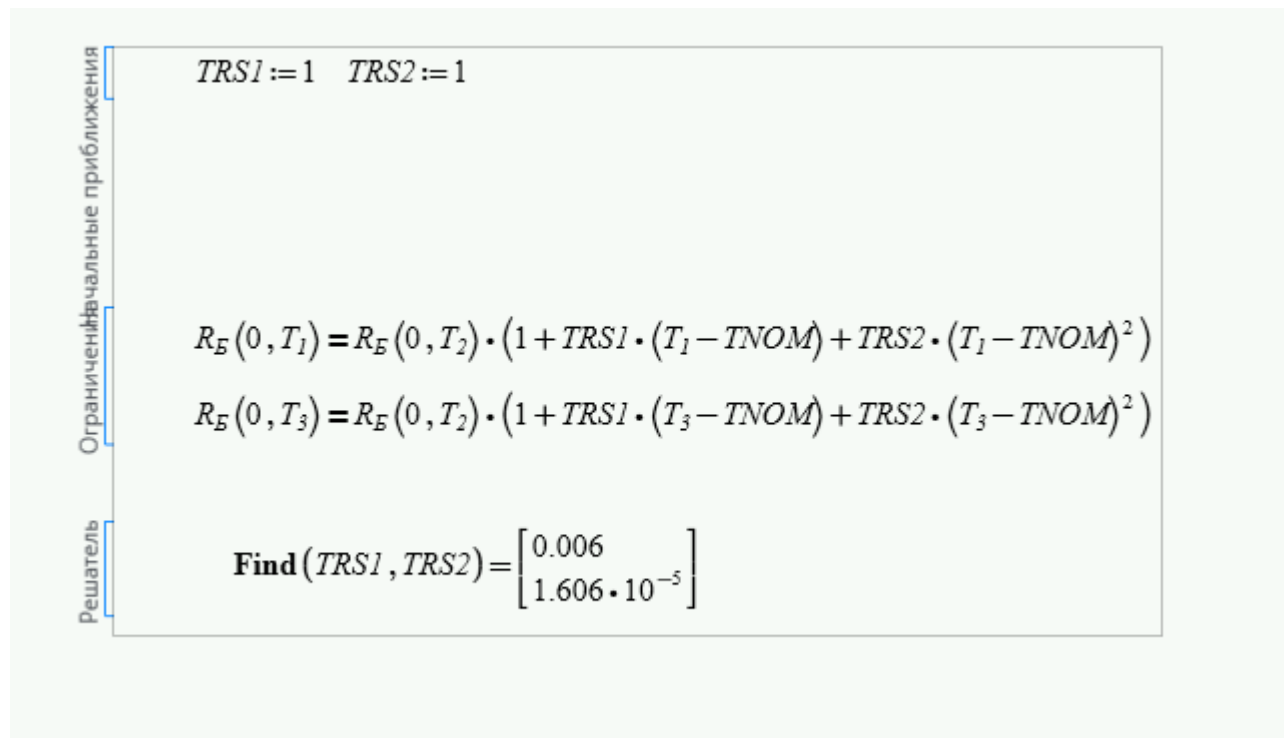


Рисунок 3 – Расчет TRS1 и TRS2

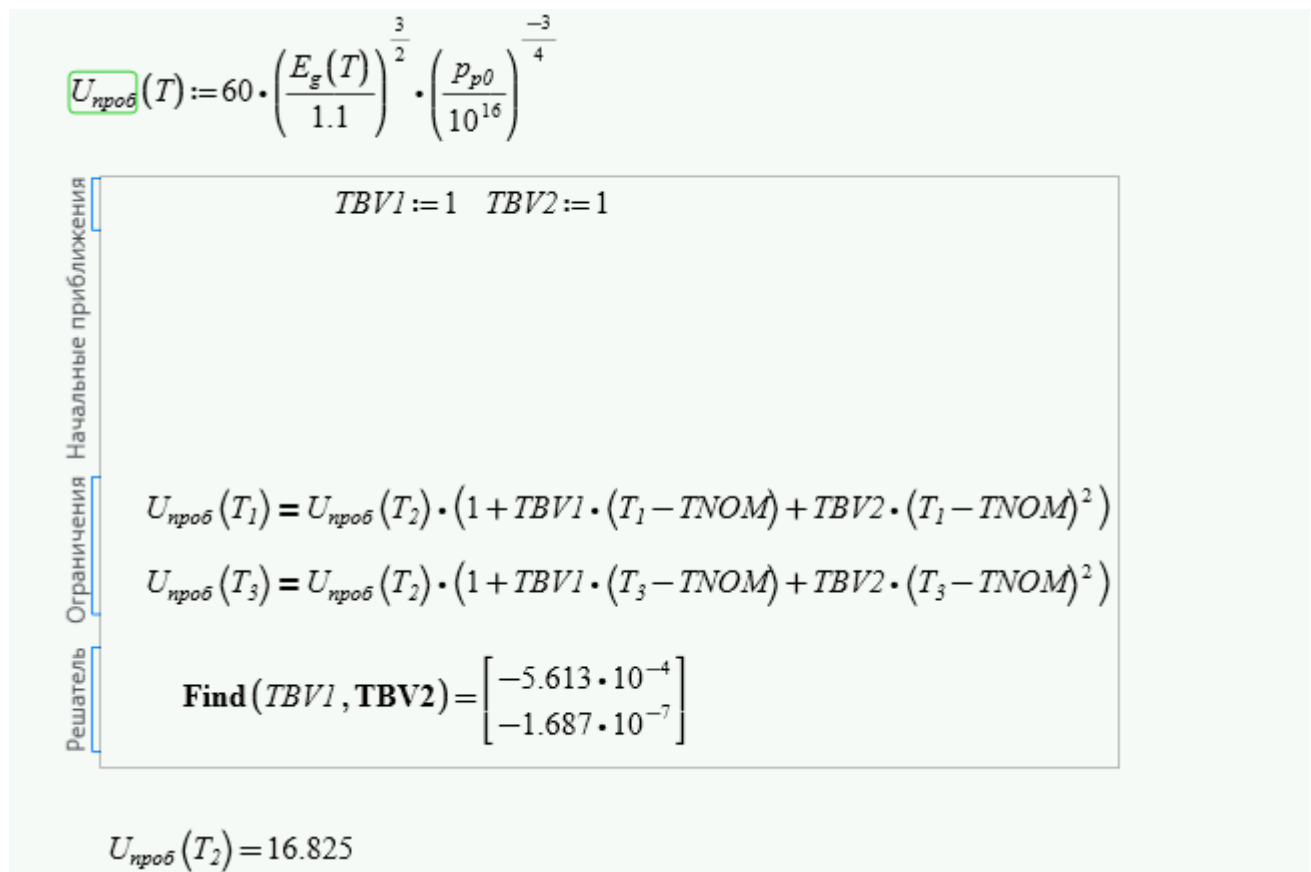


Рисунок 4 – Расчет TBV1 и TBV2

BV	TBV1	TBV2	CJO	EG	IBV	IKF	IS
16,825	$-5,6 \cdot 10^{-4}$	$-1,7 \cdot 10^{-7}$	$1,5 \cdot 10^{-8}$	1,054	$-4E \cdot 10^{-8}$	1	$1 \cdot 10^{-11}$
ISR	RS	TRS1	TRS2	VJ	TT		
$9 \cdot 10^{-9}$	0,085	0,006	$1,61 \cdot 10^{-5}$	0,874	$2,3 \cdot 10^{-7}$		

С помощью полученных характеристик смоделируем ВАХ диода в MicroCap (Рисунки 5-8).

```

Моделирование ВАХ диода
V1 1 0 DC 5
D1 1 0 MyDiod
.MODEL MyDiod D
+(IS=1E-11 N=1 ISR=9E-9 NR=2 RS=0.085 TRS1=0.006 TRS2=1.606E-5 IKF=1 BV=16.825
+TBV1=-5.613E-4 TBV2=-1.687E-7 CJO=1.5E-8 VJ=0.874 M=0.333 EG=1.054 TT=2.303E-7 IBV=3.972E-8)
.OPTIONS GMIN=1E-34
.DC LIN V1 0 2.4 0.01 TEMP LIST -60 25 85
.TEMP 25
.PLOT DC I(D1)
.END

```

Рисунок 5 – Листинг программы

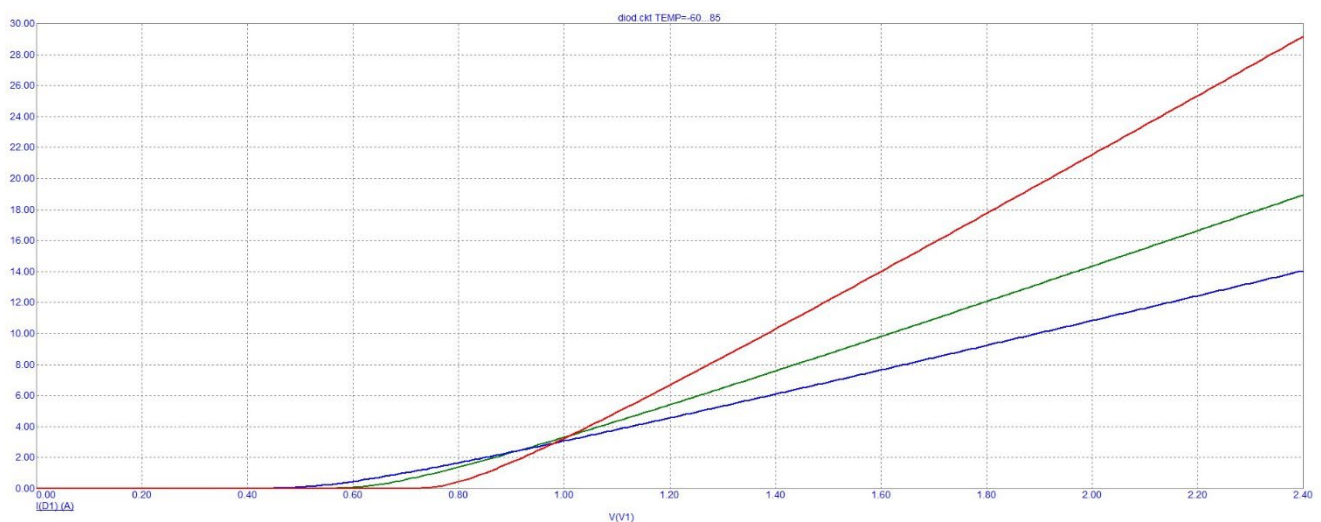


Рисунок 6 – Прямая ветвь ВАХ диода

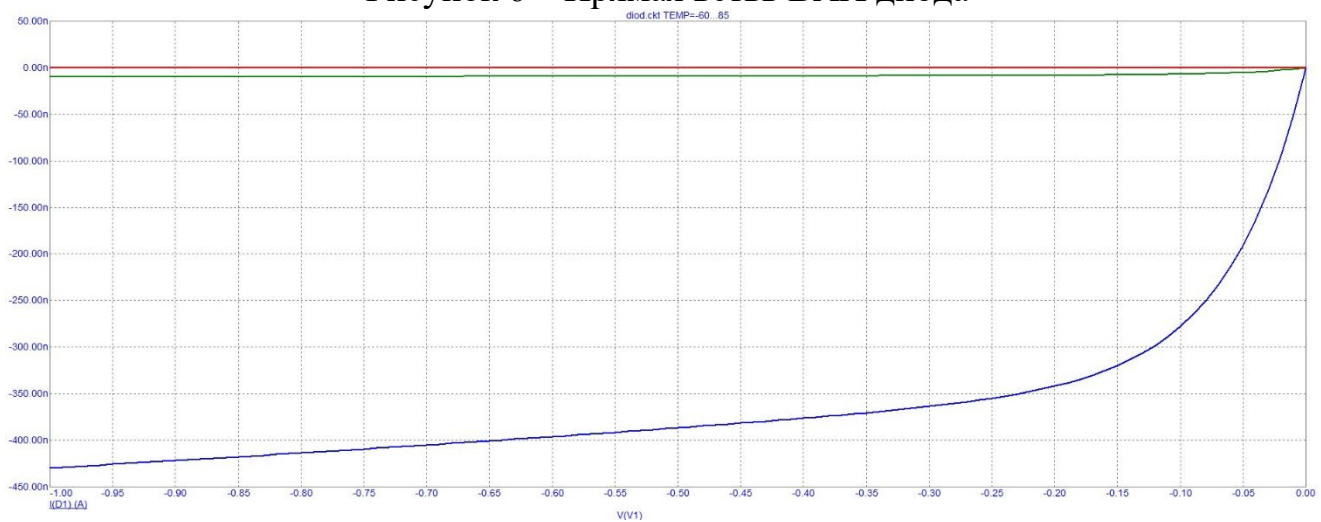


Рисунок 7 – Обратная ветвь ВАХ диода

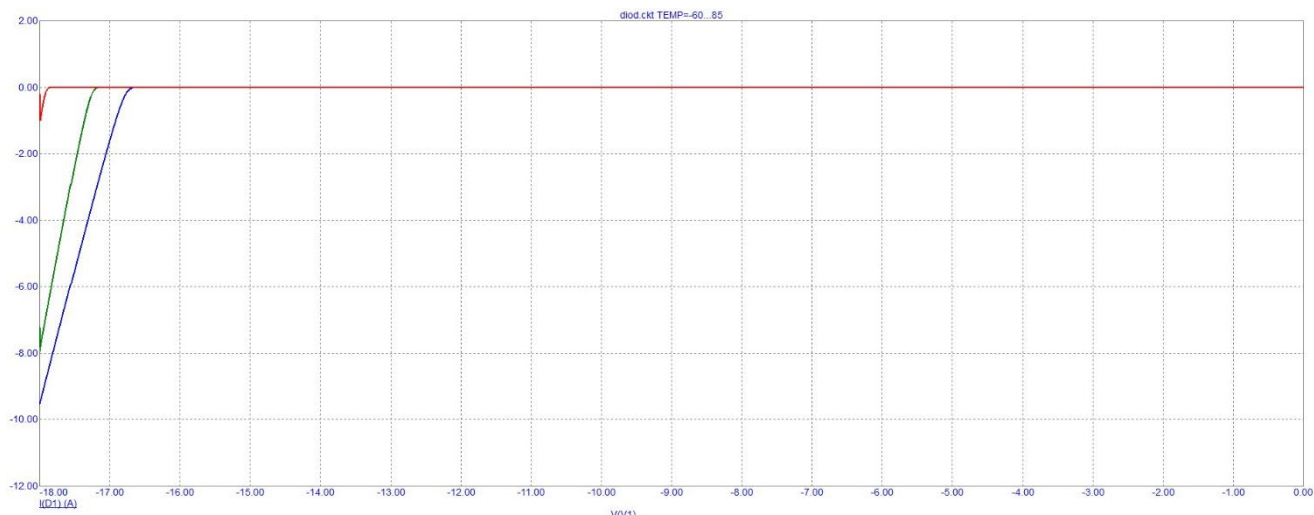


Рисунок 8 – Обратная ветвь ВАХ диода до напряжения пробоя

С помощью средств Mathcad Prime получим ВАХ диода (Рисунок 9).

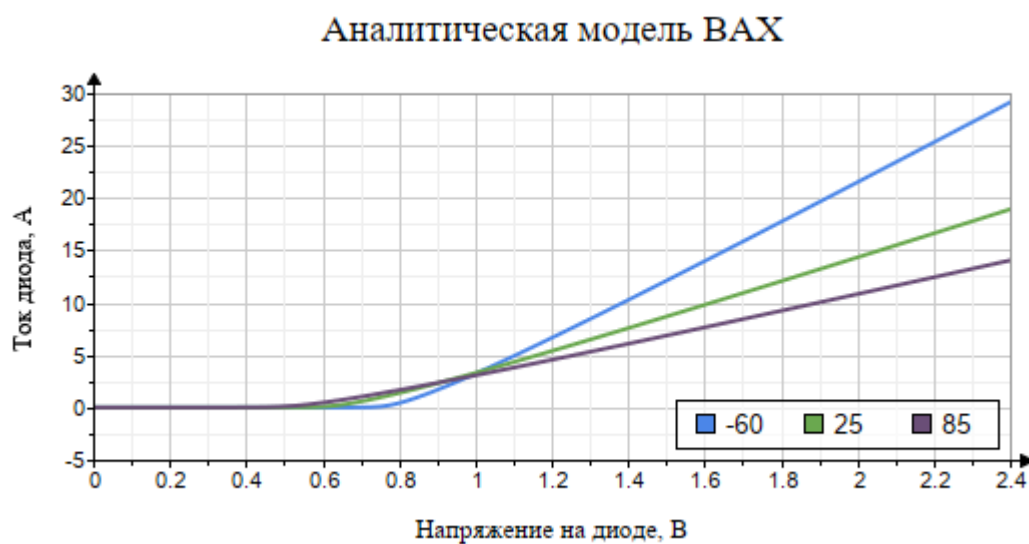


Рисунок 9 – Аналитическая модель ВАХ диода

Обе полученные модели схожи по своим характеристикам

С помощью MicroCap получим осциллограмму для диодного выпрямителя (Рисунки 10 и 11).

```

C:\Users\Dmitrii\Downloads\diod2.ckt]
Windows Options Analysis Design Model Help

Осциллограммы выпрямителя
V1 1 0 SIN(0 3 50 0 0 0)
D1 1 2 MyDiod
R1 2 0 10
.MODEL MyDiod D
+(IS=1E-11 N=1 ISR=9E-9 NR=2 RS=0.085 TRS1=0.006 TRS2=1.606E-5 IKF=1 BV=16.825
+TBV1=-5.613E-4 TBV2=-1.687E-7 CJO=1.5E-8 VJ=0.874 M=0.333 EG=1.054 TT=2.303E-7 IBV=3.972E-8)
.OPTIONS GMIN=1E-34
.TRAN 0.001 50M 0 0.1M
.TEMP 25
.PLOT TRAN V(R1) V(V1) I(R1)
.END

```

Рисунок 10 – Листинг программы

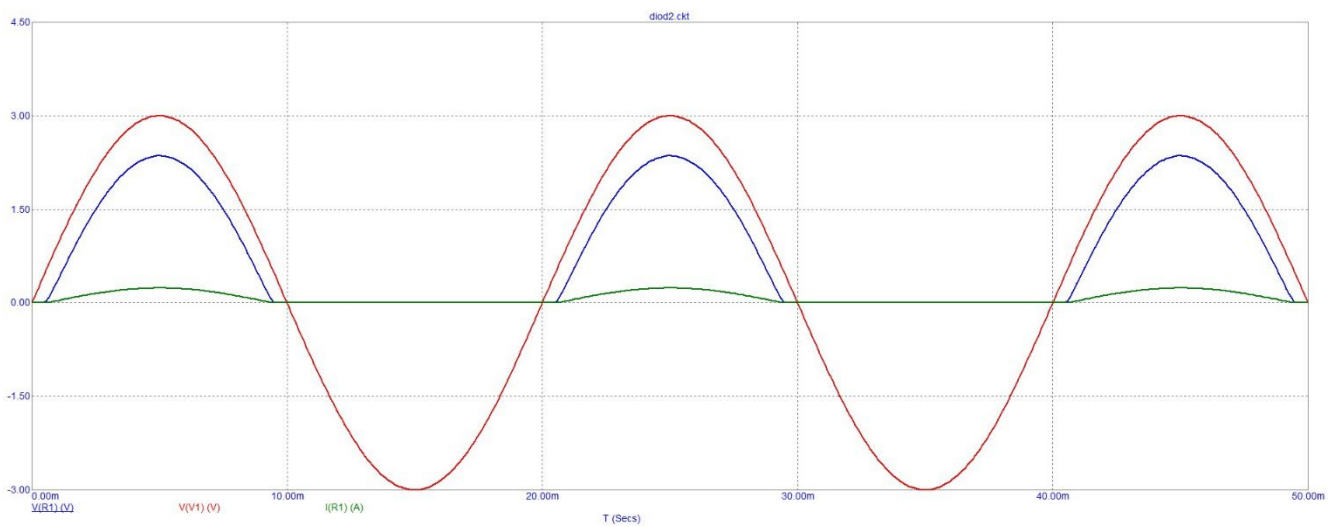


Рисунок 11 – Осциллограмма диодного выпрямителя