

Отчет по лабораторной работе

**ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА P-N
ПЕРЕХОДОВ**

Работу выполнили студенты

Поляков Андрей, Козлов Александр

Нижний Новгород, 27 апреля 2022 г.

1. ОБРАБОТКА ВОЛЬТ-АМПЕРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

По вольт-амперной характеристике (ВАХ) полупроводникового диода требовалось определить величины сопротивления толщи полупроводника и контактов R_s и контактной разности потенциалов φ_k для температур $T = 300$ к и $T = 77$ к.

Теоретическая формула для ВАХ имеет вид

$$I = I_s \left(\exp \left(\frac{q(U - IR_s)}{kT} \right) - 1 \right). \quad (1)$$

Удобно переписать ВАХ в виде

$$I = \frac{U}{R_s} - \frac{kT}{qR_s} \ln \left(\frac{I}{I_s} + 1 \right). \quad (2)$$

При $U/R_s \gg I$ ВАХ выходит на линейную зависимость, то есть зависимость второго члена правой части верхнего выражения от тока можно пренебречь. На рис.1 жирным отмечены участки примерно линейной зависимости. Из линейной

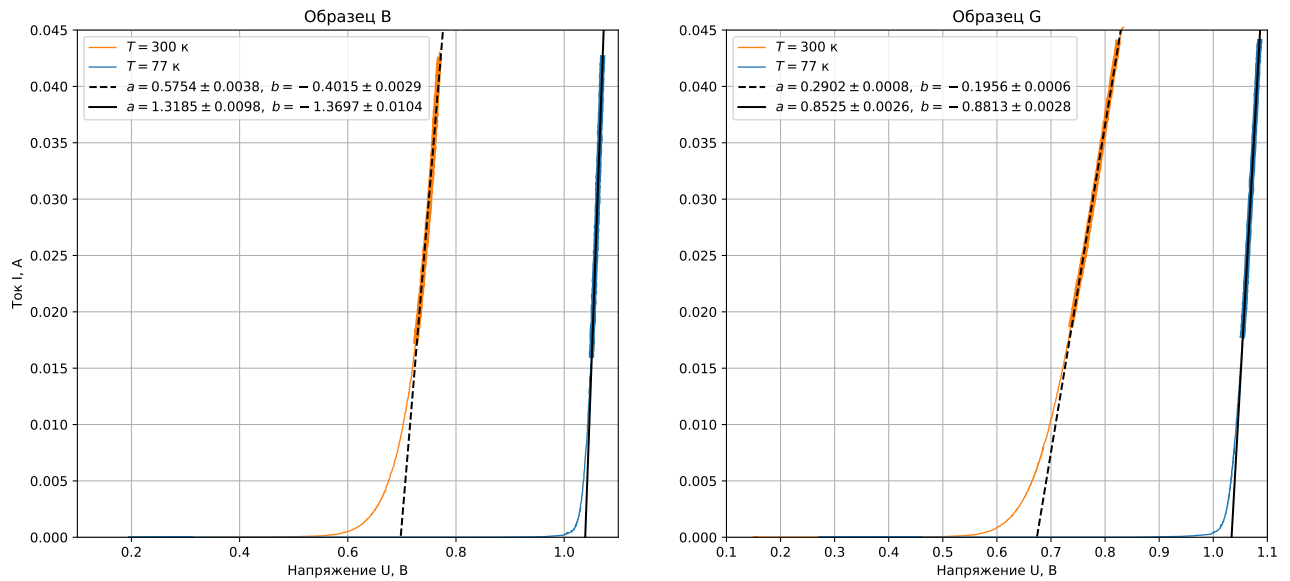


Рис. 1: Семейства вольт-амперных характеристик при различных температурах для образцов двух типов.

аппроксимации ВАХ мы находим некоторую прямую $I(U) = aU + b$, отсюда получаем для сопротивления толщи полупроводника $R_s = 1/a$ и $\Delta R_s = \Delta a/a^2$, а для контактной разности потенциалов $\varphi_k = -b/a$ (определяется как точка

пересечения с осью абсцисс) и $\Delta\varphi_k = (a\Delta b + b\Delta a)/a^2$. Результаты расчётов представлены на таблице 1.

Образец	T, к	R_s , Ом	ΔR_s , Ом	φ_k , В	$\Delta\varphi_k$, В
В	300	1.7379	0.0115	0.6978	0.0003
	77	0.7585	0.0057	1.0389	0.0002
G	300	3.4454	0.0090	0.6740	0.0003
	77	1.1730	0.0036	1.0338	0.0001

Таблица 1: Результаты расчёта сопротивления толщи полупроводника и запирающего напряжения.

2. ОБРАБОТКА ВОЛЬТ-ФАРАДНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

Требовалось обработать результаты измерений вольт-фарадных характеристик диода при обратном смещении $C(U)$, построив зависимости $(S/C)^2$ от U , где S — площадь р-п перехода (круг диаметром 0.8 мм). Определить величины приведённой концентрации примесей в р-п переходе N^* , полной толщины истощённого слоя р-п перехода l и контактной разности потенциала φ_k .

2.1. МАСШТАБИРОВАНИЕ ЕДИНИЦ ИЗМЕРЕНИЯ ЁМКОСТИ

В эксперименте ёмкость мерилась в неких условных единицах. Чтобы понять, какие это единицы, была подключена ёмкость 39 пФ. Кроме того, такое измерение позволило определить настоящий нуль измеряемой ёмкости.

Чтобы получить из ёмкости C_{wrong} в непонятных единицах ёмкость C_{pF} в пФ надо:

$$C_{\text{pF}} = \frac{(C_{\text{wrong}} - C_0)}{A} \times 39,$$

где величина C_0 соответствует ложному нулю в условных единицах, а A определяется как величина ёмкости 39 пФ, измеренная в условных единицах (с уже вычитенной C_0).

2.2. ЗАВИСИМОСТЬ $(S/C)^2$ ОТ U

Теория даёт зависимость

$$C = S \sqrt{\frac{\varepsilon \varepsilon_0 q}{2} \frac{N^*}{\varphi_k - U}}, \quad (3)$$

откуда находим

$$\left(\frac{S}{C}\right)^2 = \frac{2}{\varepsilon \varepsilon_0 q N^*} (\varphi_k - U). \quad (4)$$

Экспериментально измеренная зависимость $(S/C)^2$ ОТ U представлена на рисунке 2.

Такая линейная зависимость справедлива лишь при малых напряжениях, поэтому линейной регрессии подвергались лишь первые 100 точек каждого из

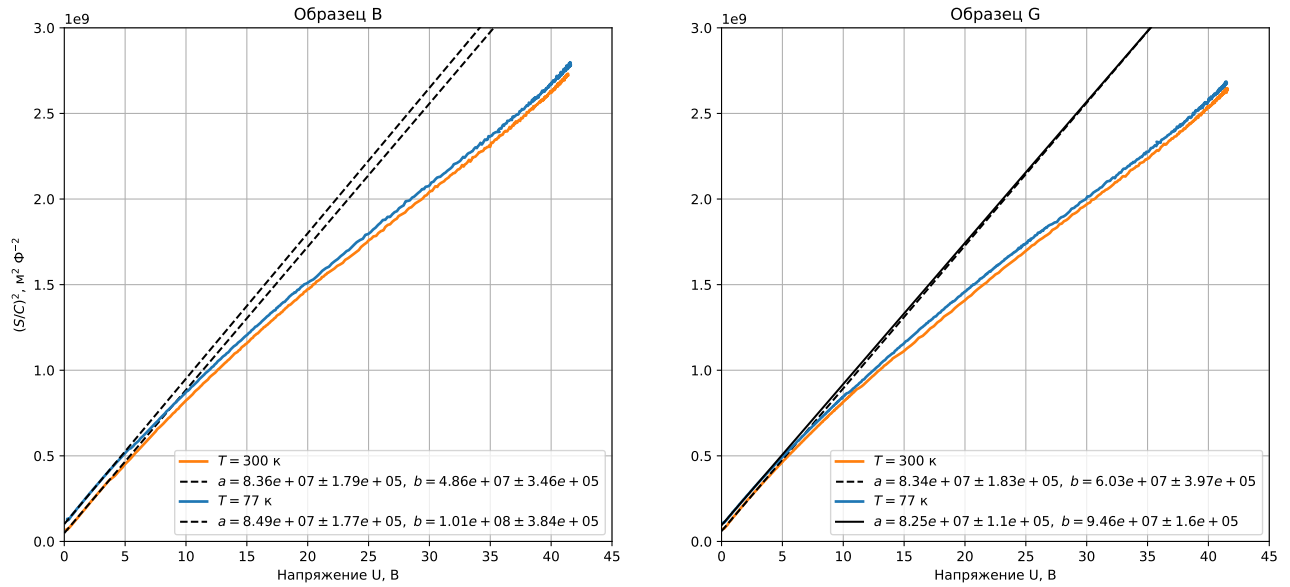


Рис. 2: Семейства зависимостей $(S/C)^2$ от U при различных температурах для образцов двух типов.

наборов данных. То есть находились параметры a и b для линейной функции $aU + b$. Через эти параметры регрессии искомые физические параметры выражаются следующим образом:

$$\begin{aligned} N^* &= \frac{2}{\epsilon\epsilon_0 ea}, & \Delta N^* &= \frac{2\Delta a}{\epsilon\epsilon_0 ea^2}; \\ \varphi_k &= \frac{b}{a}, & \Delta\varphi_k &= \frac{b\Delta a + a\Delta b}{a^2}; \\ l_0 &= \epsilon\epsilon_0 \sqrt{b}, & \Delta l_0 &= \frac{b\epsilon\epsilon_0}{2\sqrt{b}}. \end{aligned} \quad (5)$$

Результаты расчётов приведены в таблице 2.

Образец	T, °C	$N^*, \times 10^{21} \text{ м}^{-3}$	$\varphi_k, \text{ В}$	$\Delta\varphi_k, \text{ В}$	$l_0, \text{ мкм}$	$\Delta l_0, \text{ мкм}$
B	300	1.40	0.581	0.005	0.741	0.003
	77	1.38	1.200	0.007	1.07	0.002
G	300	1.41	0.724	0.006	0.825	0.003
	77	1.42	1.150	0.003	1.03	0.001

Таблица 2: Результаты расчёта приведённой концентрации примесей в p-n переходе N^* , полной толщины истощённого слоя p-n перехода l и контактной разности потенциала φ_k .