

Группа 3220

К работе допущен _____

Студент Гафурова Фарангиз Фуркатовна

Работа выполнена _____

Преподаватель Терещенко Георгий
Викторович

Отчет принят _____

Рабочий протокол и отчет по лабораторной работе 3.05

Температурная зависимость электрического сопротивления металла и полупроводника

1. Цель работы:

Получить зависимость сопротивления металлического и полупроводникового образцов от их температур и вычислить тепловой коэффициент металла и ширину запрещенной зоны полупроводника.

2. Задачи, решаемые при выполнении работы:

1. Построить график $R(t)$ для металлического образца и график $\ln R\left(\frac{1}{T}\right)$ для полупроводникового образца и оценить их линейность.
2. Вычислить тепловой коэффициент металла и ширину запрещенной зоны полупроводника.

3. Объект исследования:

Металлический и полупроводниковой образцы.

4. Метод экспериментального исследования:

Прямое многократное измерение силы тока и напряжения при различных температурах.

5. Рабочие формулы:

$$k = 1,380649 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}} = 8,61733 \cdot 10^{-5} \frac{\text{эВ}}{\text{К}}$$

$$T = t + 273 - \text{перевод из градусов в кельвины}$$

$$\frac{R_i - R_j}{R_j \cdot t_i - R_i \cdot t_j} - \text{тепловой коэффициент сопротивления}$$

$$E_{gij} = 2k \cdot \frac{\Delta \ln(R_n)}{\Delta \left(\frac{1}{T}\right)} = 2k \cdot \frac{T_i T_j}{T_j - T_i} \ln \left(\frac{R_i}{R_j}\right) - \text{ширина запрещенной зоны}$$

$$I = \frac{U}{R} - \text{закон Ома на участке цепи}$$

$$k = 1,380649 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}} \approx 8,61733 \cdot 10^{-5} \frac{\text{эВ}}{\text{К}}$$

6. Измерительные приборы:

№	Наименование	Тип прибора	Используемый диапазон	Погрешность прибора
1	Амперметр	Цифровой	0 – 2000 мкА	1 мкА
2	Вольтметр	Цифровой	0 – 2 В	0,001 В

7. Схема установки:

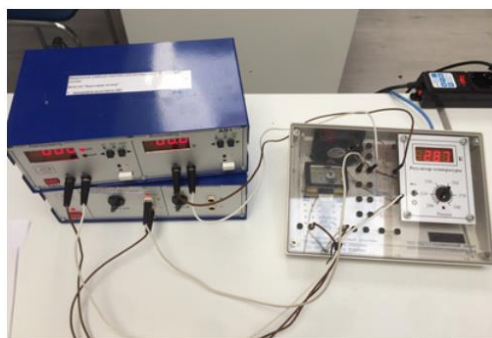


Рисунок 1. Общий вид лабораторной установки

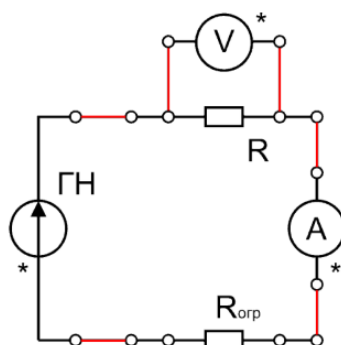


Рисунок 2. Принципиальная электрическая схема установки

$$R_{\text{орп}} = 680 \text{ Ом}$$

8. Результаты прямых измерений и их обработки:

Таблица 1. Полупроводниковый образец						
№	T, K	I, мкА	U, В	R, Ом	ln R	$\frac{10^3}{T} \cdot \frac{1}{K}$
1	288 K	1012 мкА	0,291 В	287,55 Ом	5,661	$3,472 \frac{1}{K}$
2	291 K	1042 мкА	0,261 В	250,48 Ом	5,523	$3,436 \frac{1}{K}$
3	294 K	1079 мкА	0,235 В	217,29 Ом	5,384	$3,401 \frac{1}{K}$
4	297 K	1109 мкА	0,202 В	182,15 Ом	5,205	$3,367 \frac{1}{K}$
5	300 K	1148 мкА	0,18 В	156,79 Ом	5,055	$3,333 \frac{1}{K}$
6	303 K	1169 мкА	0,164 В	140,29 Ом	4,994	$3,3 \frac{1}{K}$
7	306 K	1189 мкА	0,152 В	127,84 Ом	4,851	$3,268 \frac{1}{K}$
8	309 K	1204 мкА	0,148 В	122,92 Ом	4,812	$3,236 \frac{1}{K}$
9	312 K	1222 мкА	0,125 В	102,29 Ом	4,628	$3,205 \frac{1}{K}$
10	316 K	1245 мкА	0,110 В	88,35 Ом	4,481	$3,165 \frac{1}{K}$
11	320 K	1260 мкА	0,097 В	76,98 Ом	4,344	$3,125 \frac{1}{K}$
12	325 K	1280 мкА	0,083 В	64,84 Ом	4,172	$3,077 \frac{1}{K}$

13	330 K	1297 мкА	0,07 В	53,97 Ом	3,988	$3,03 \frac{1}{K}$
14	335 K	1310 мкА	0,06 В	45,8 Ом	3,824	$2,985 \frac{1}{K}$

Таблица 2. Металлический образец					
№	T, K	I, мкА	U, В	R, кОм	t, °C
1	337 K	963 мкА	1,442 В	1,497 кОм	64°C
2	333 K	970 мкА	1,437 В	1,481 кОм	60°C
3	331 K	979 мкА	1,433 В	1,464 кОм	58°C
4	327 K	982 мкА	1,428 В	1,454 кОм	54°C
5	325 K	988 мкА	1,422 В	1,439 кОм	52°C
6	321 K	993 мкА	1,42 В	1,43 кОм	48°C
7	319 K	1000 мкА	1,416 В	1,416 кОм	46°C
8	316 K	1009 мкА	1,408 В	1,395 кОм	43°C
9	313 K	1018 мкА	1,403 В	1,378 кОм	40°C
10	309 K	1024 мкА	1,397 В	1,364 кОм	36°C
11	306 K	1033 мкА	1,392 В	1,348 кОм	33°C
12	302 K	1045 мкА	1,383 В	1,323 кОм	29°C
13	299 K	1066 мкА	1,368 В	1,283 кОм	26°C

9. Расчет результатов косвенных измерений (таблицы, примеры расчетов)

Увеличиваем температуру установки и записываем значения с вольтметра и амперметра примерно с периодом $\Delta T \sim 5K$.

Вычислим сопротивление с помощью закона Ома:

$$R = \frac{U}{I} = \frac{0,291}{1012} * 10^6 = 287,55$$

Разобьем точки таблицы 2 (графика $R(t)$) на пары и рассчитаем α :

Пары	α	$\langle \alpha \rangle$
1-6	0,0042	0,0039
2-7	0,0034	
3-8	0,0039	
4-9	0,0038	
5-10	0,0047	

$$\alpha_{ij} = \frac{R_i - R_j}{R_j * t_i - R_i * t_j} = \frac{1,497 - 1,416}{1,416 * 64 - 1,497 * 46} = 0,004$$

$$E_{gij} = 2k * \frac{T_i T_j}{T_j - T_i} \ln \left(\frac{R_i}{R_j} \right) = 2k * \frac{288 * 306}{306 - 288} * \ln \frac{287,55}{127,838} = 0,66 \text{ эВ}$$

Разобьем точки таблицы 1 (графика $\ln R \left(\frac{1}{T} \right)$) на пары и рассчитаем E_g .

пары	E_g , Дж	E_g , эВ	$\langle E_g \rangle$, Дж	$\langle E_g \rangle$, эВ
1-6	1,15E-19	0,72	1,03E-19	0,64
2-7	1,10E-19	0,69		

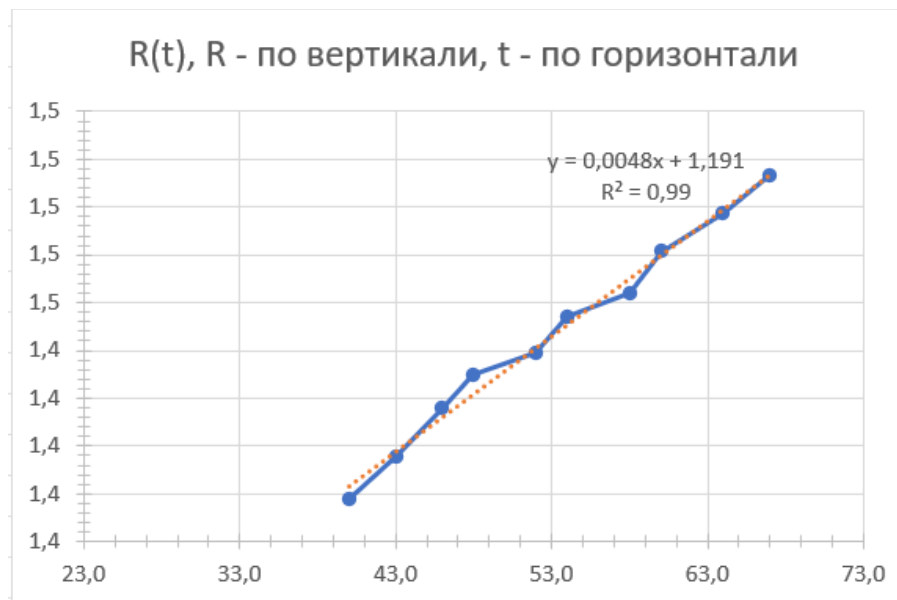
3-8	9,57E-20	0,60
4-9	9,84E-20	0,61
5-10	9,38E-20	0,59

10. Расчет погрешности измерений

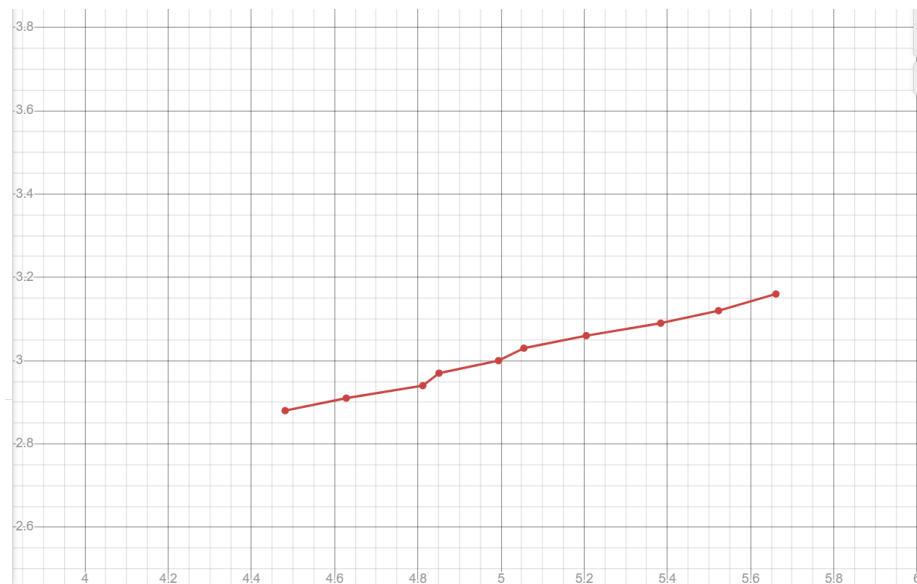
$$\Delta\alpha = \sqrt{\frac{\sum(a_i - \langle a \rangle)^2}{5 * (5 - 1)}} * 3,17 = 0,000852 \quad \varepsilon = 21\%$$

$$\Delta E_g = \sqrt{\frac{\sum(E_g - \langle E_g \rangle)^2}{5 * (5 - 1)}} * 3,17 = 0,007 \text{ эВ} \quad \varepsilon = 6\%$$

11. Графики



$\ln R(1/T)$, $\ln R$ – по вертикали, $1/T$ – по горизонтали



12. Окончательные результаты

Температурный коэффициент сопротивления металла.

$$\langle \alpha \rangle = 0,0039 \pm 0,000852 \frac{1}{K}, \quad \varepsilon = 21\%$$

Ширина запретной зоны полупроводника:

$$E_g = 0,66 \pm 0,007 \text{ эВ}, \quad \varepsilon = 6\%$$

$$\langle E_g \rangle = 1,03E - 19 \pm 6,033E - 21 \text{ Дж}, \quad \varepsilon = 6\%$$

13. Выводы

Если посмотреть на полученный температурный коэффициент сопротивления, то можно заметить, что металлический образец изготовлен из алюминия, олова или серебра.

Судя по полученной ширине запрещенной зоны, полупроводниковый образец изготовлен из германия.

Качественная оценка линейности графиков показывает линейность обеих их них. Это подтверждает то, что сопротивление линейно возрастает у металлического образца и экспоненциально убывает у полупроводникового образца, в зависимости от температуры.