

Группа Р3110 К работе допущен _____

Студент Лебедев Вадим Антонович Работа выполнена _____

Преподаватель Коробков Максим Петрович Отчет принят _____

Рабочий протокол и отчет по лабораторной работе № 3.05

Температурная зависимость электрического сопротивления металла и полупроводника.

1. Цель работы.

1. Получить зависимость электрического сопротивления металлического и полупроводникового образцов в диапазоне температур от комнатной до 75 °C.
2. По результатам п.1 вычислить температурный коэффициент сопротивления металла и ширину запрещенной зоны полупроводника.

2. Задачи, решаемые при выполнении работы.

1. Произвести необходимые измерения.
2. По полученным данным вычислить температурный коэффициент сопротивления металла и ширину запрещенной зоны.
3. Построить графики зависимости $\ln(R) = \ln(R) \left(\frac{1}{T}\right)$ и $R_m = R_m(t)$ и качественно оценить линейность полученных графиков.
4. Сформулировать выводы.

3. Объект исследования.

Электрическое сопротивление.

4. Метод экспериментального исследования.

~~Метод измерения~~
прямые многократные измерения

5. Рабочие формулы и исходные данные.

$$1. I = \frac{U}{R}$$

$$2. K = C + 273$$

$$3. a_{ij} = \frac{R_i - R_j}{R_j \cdot t_i - R_i \cdot t_j}$$

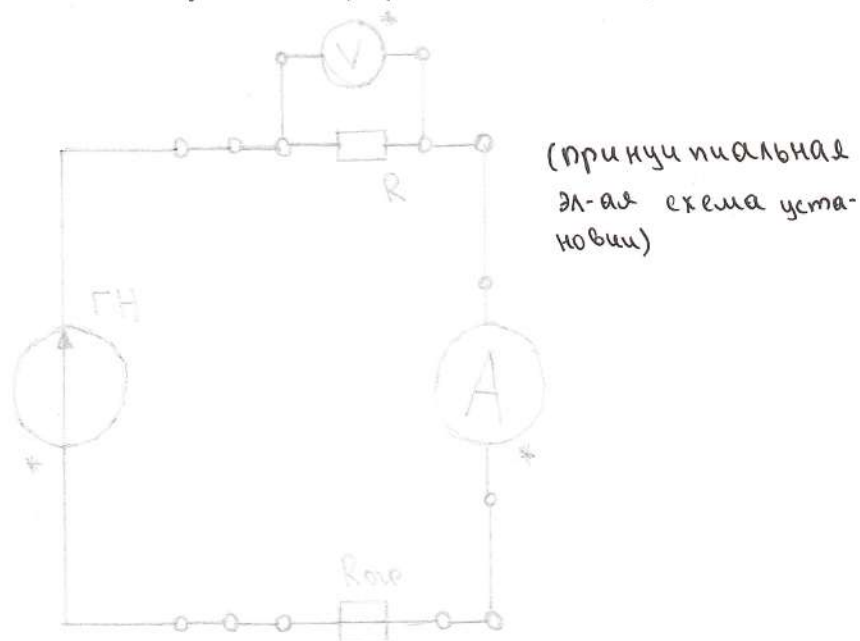
$$4. E_{gij} = 2k * \frac{T_i \cdot T_j}{T_j - T_i} * \ln\left(\frac{R_i}{R_j}\right)$$

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

6. Измерительные приборы.

| № п/п | Наименование | Тип прибора | Используемый диапазон | Погрешность прибора |
|-------|--------------|-------------|-----------------------|---------------------|
| 1 | Вольтметр | Цифровой | 0 – 2В | 0,01В |
| 2 | Амперметр | Цифровой | 0 – 2000 мкА | 0,01 А |
| 3 | Термометр | цифровой | 200 – 400 К | 1 К |

7. Схема установки (перечень схем, которые составляют приложение 1).



8. Результаты прямых измерений и их обработки (таблицы, примеры расчетов).

$$1) \text{ мкА} \rightarrow \text{А}: 1264 \cdot 0,00001 = 0,001264(\text{А})$$

$$2) \text{ Ом} \rightarrow \text{кОм}: 1325,96 \cdot 0,001 = 1,3259 (\text{кОм})$$

$$3) t = T - 273 = 353 - 273 = 80^{\circ}\text{C}$$

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

$$\alpha_{15} = \frac{R_1 - R_6}{R_6 \cdot t_1 - R_1 \cdot t_6} = \frac{1,32 - 1,21}{1,21 \cdot 80^\circ - 1,32 \cdot 50} = 0,00345 \frac{1}{K}$$

$$R = \frac{V}{I} = \frac{0,845}{0,001115} = 754,8 \text{ Ом}$$

$$E_{g_6} = 2 \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot \frac{298 - 322}{322 - 298} \cdot \ln\left(\frac{754,8}{306,25}\right) = 0,0098 \cdot 10^{-17} \text{ Дж}$$

$$E_{g_{16}} = 2 \cdot 2,617 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{298 - 322}{322 - 298} \cdot \ln\left(\frac{754,8}{306,25}\right) = 0,616 \text{ эВ}$$

$$\langle E_{g_{ij}} \rangle = 0,654 \text{ эВ}; \quad \langle \alpha \rangle = 0,0039 \frac{1}{K}$$

10. Расчет погрешностей измерений (для прямых и косвенных измерений).

$$\Delta \alpha = t_{4,85} \cdot \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (\alpha_i - \langle \alpha \rangle)^2} = 0,00029 \frac{1}{K} = 29 \cdot 10^{-5} \frac{1}{K}$$

$$\Delta E_g = t_{4,85} \cdot \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (E_{g_i} - \langle E_g \rangle)^2} = 9,65 \cdot 10^{-21} \text{ Дж} = 0,06 \text{ эВ}$$

11. Графики (перечень графиков, которые составляют Приложение 2).

$$1) \rho_n(R) = \rho_n(R) \left(\frac{1}{T} \right)$$

$$2) R_m = R_m(t)$$

12. Окончательные результаты.

$$\alpha = (3,91 \pm 0,3) \frac{10^3}{^\circ\text{C}}$$

$$E_g = (1,04 \pm 0,086) \text{ Дж} \cdot 10^{18} = (0,64 \pm 0,06) \text{ эВ}$$

13. Выводы и анализ результатов работы.

В результате выполнения лабораторной работы были получены значения температурного коэффициента сопротивления для металлического образца и ширины запрещенной зоны для полупроводникового образца.

Из полученных данных можно определить, что металлическим образцом является алюминий, а полупроводниковым образцом является германий.

Также были получены графики зависимостей $\rho_n(R) = \rho_n(R) \left(\frac{1}{T} \right)$ и $R_m = R_m(t)$, которые показывают линейную зависимость.

Таблица 1: Полупроводниковый образец

Приложение 1.

| № | T, K | I, мкА | U, В | R, Ом | ln R | $\frac{10^3}{T} \cdot \frac{1}{K}$ |
|----|------|--------|-------|--------|------|------------------------------------|
| 1 | 298 | 1115 | 0,845 | 7,57,8 | 6,63 | 3,35 |
| 2 | 302 | 1185 | 0,773 | 652,3 | 6,48 | 3,31 |
| 3 | 307 | 1294 | 0,700 | 540,95 | 6,29 | 3,25 |
| 4 | 312 | 1397 | 0,624 | 448,8 | 6,1 | 3,2 |
| 5 | 317 | 1493 | 0,556 | 372,4 | 5,92 | 3,15 |
| 6 | 322 | 1600 | 0,480 | 306,25 | 5,72 | 3,1 |
| 7 | 327 | 1682 | 0,427 | 252,36 | 5,53 | 3,05 |
| 8 | 333 | 1783 | 0,373 | 209,2 | 5,34 | 3 |
| 9 | 338 | 1858 | 0,317 | 170,6 | 5,14 | 2,95 |
| 10 | 343 | 1924 | 0,273 | 141,9 | 4,95 | 2,91 |

24.04.2021
1

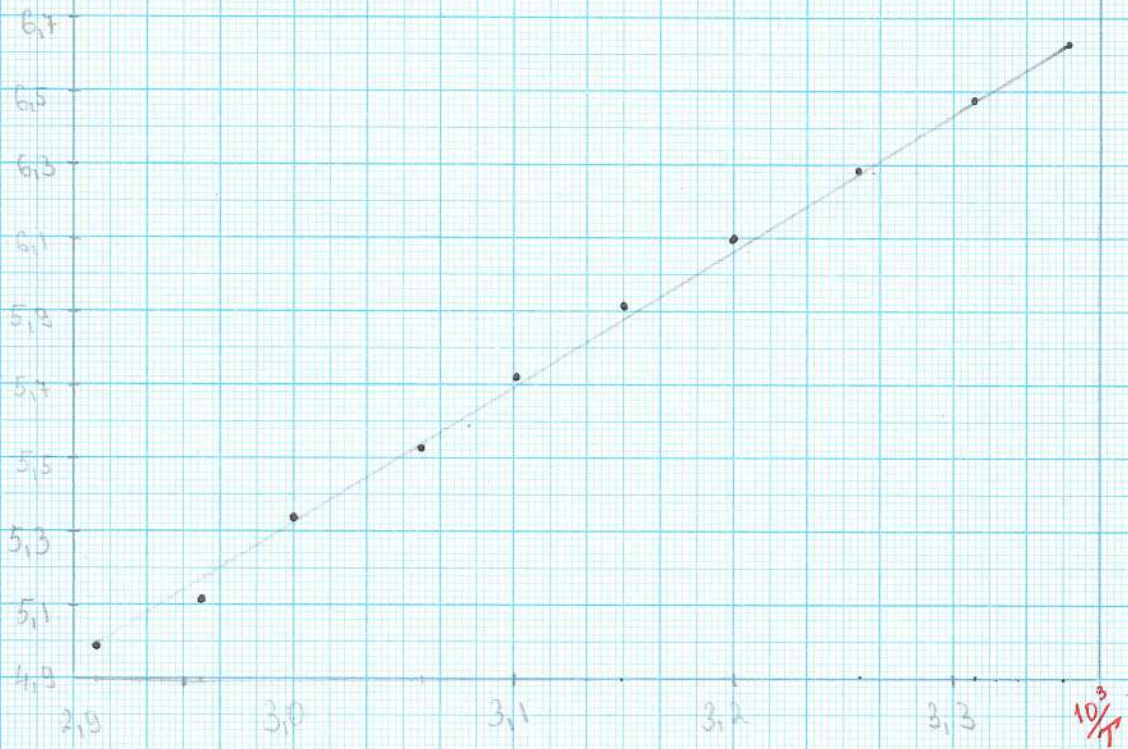
Таблица 2: Металлический образец.

| № | T, K | $I, \text{мкА}$ | $U, \text{В}$ | $R, \text{кОм}$ | t, C |
|----|--------|-----------------|---------------|-----------------|--------|
| 1 | 353 | 1267 | 1,680 | 1,32 | 80 |
| 2 | 347 | 1276 | 1,670 | 1,3 | 74 |
| 3 | 341 | 1289 | 1,655 | 1,28 | 68 |
| 4 | 335 | 1305 | 1,637 | 1,25 | 62 |
| 5 | 328 | 1318 | 1,627 | 1,23 | 56 |
| 6 | 323 | 1331 | 1,612 | 1,21 | 50 |
| 7 | 317 | 1347 | 1,598 | 1,18 | 44 |
| 8 | 311 | 1362 | 1,580 | 1,16 | 38 |
| 9 | 305 | 1376 | 1,567 | 1,14 | 32 |
| 10 | 299 | 1380 | 1,552 | 1,11 | 26 |

24.04.21
Л.П.


$\ln(R)$

График $\ln(R) \left(\frac{10^3}{T} \right)$



R, Ω

График $R(t)$

