

Группа _____ М3215 _____

К работе допущен _____

Студент _____ Гаджиев С.И., Адмайкин П.Г. _____

Работа выполнена _____

Преподаватель _____ Тимофеева Э. О. _____

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 °С.
2. По результатам п.1 вычислить температурный коэффициент сопротивления металла и ширину запрещенной зоны полупроводника.

2. Задачи, решаемые при выполнении работы.

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

3. Объект исследования.

Полупроводниковый и металлический объекты.

4. Метод экспериментального исследования.

Прямое многократное измерение силы тока и напряжения при различных температурах.

5. Рабочие формулы и исходные данные.

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

2) $T = t + 273$. (Из градусов в кельвины)

3) $\frac{R_i - R_j}{R_j * t_i - R_i * t_j}$ (Тепловой коэффициент сопротивления)

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

5) $I = \frac{U}{R}$ (Закон Ома на участке цепи)

6. Измерительные приборы.

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

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

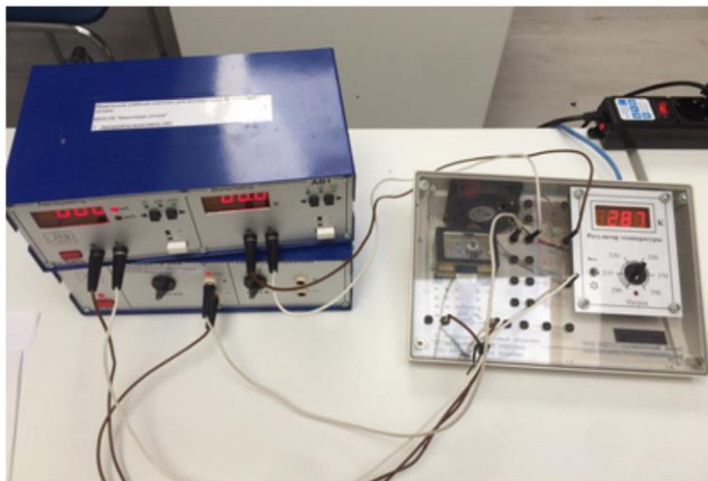


Рис. 2. Общий вид лабораторной установки

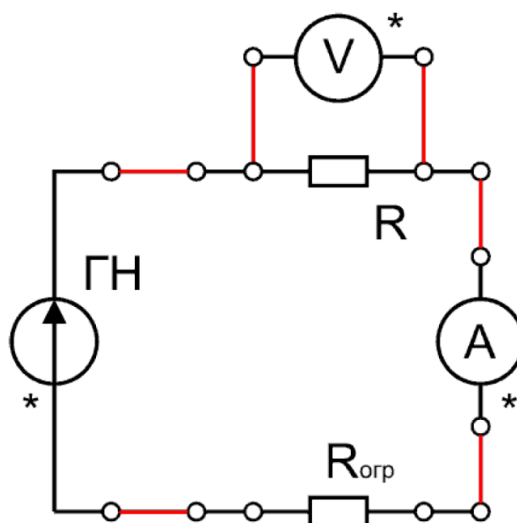


Рис. 3. Принципиальная электрическая схема установки.

Общий вид лабораторной установки показан на рис.2. Она состоит из стенда «СЗ-ТТ01» с объектами изучения - металлическим и полупроводниковым образцами, генератора ГН1 и амперметра-вольтметра АВ1, соединенных проводниками. На корпусе стенда схематично изображены элементы электрической цепи. Принципиальная электрическая схема установки представлена на рис. 3. Одновременно измеряя напряжение на объекте исследования и ток через него, можно найти его сопротивление с помощью закона Ома для участка цепи $R = U/I$.

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

Приложение

Таблица 1: Полупроводниковый образец

№	T, K	$I, \mu A$	U, B	R, Ω	$\ln R$	$\frac{10^3}{T}, \frac{1}{K}$
1	295	1024	626			
2	300	1299	322			
...	310	1427	304			
...	315	1464	277			
...	320	1537	218			
...	325	1589	177			
...	330	1629	146			
...	335	1639	138			
...	340	1674	109			
...	345	1698	090			
...	350	1716	076			
...	355	1730	064			
...	360	1742	055			
...						

Агметов, Тагмиев МСсис

01.12

Агметов

Таблица 2: Металлический образец

№	T, K	I, мкА	U, В	R, кОм	t, °C
1	360	1049	1.539		
2	355	1084	1.536		
...	350	1070	1.521		
...	345	1080	1.512		
...	340	1092	1.501		
...	335	1103	1.490		
...	330	1106	1.481		
...	325	1129	1.470		
...	320	1140	1.460		
...	315	1151	1.450		
...	310	1161	1.442		
...	305	1173	1.432		
...	300	1185	1.422		
...	295	1200	1.410		

Агметкин, Гадиев МЗ215

01.12

Финиш

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

Таблица №1. Полупроводниковый образец					
T, K	I, мкА	U, В	R, Ом	ln R	10 ³ /T, 1/K
295	1024	0,620	605,469	6,406	3,390
300	1299	0,322	247,883	5,513	3,333
310	1427	0,304	213,034	5,361	3,226
315	1464	0,277	189,208	5,243	3,175
320	1537	0,218	141,835	4,955	3,125

325	1589	0,177	111,391	4,713	3,077
330	1629	0,146	89,626	4,496	3,030
335	1639	0,138	84,198	4,433	2,985
340	1674	0,109	65,114	4,176	2,941
345	1698	0,090	53,004	3,970	2,899
350	1716	0,076	44,289	3,791	2,857
355	1730	0,064	36,994	3,611	2,817

Таблица №2. Металлический образец				
T, K	I, мкА	U, В	R, кОм	t, C
355	1064	1,536	1,444	82
350	1070	1,521	1,421	77
345	1080	1,512	1,400	72
340	1092	1,501	1,375	67
335	1103	1,490	1,351	62
330	1116	1,481	1,327	57
325	1129	1,470	1,302	52
320	1140	1,460	1,281	47
315	1151	1,450	1,260	42
310	1161	1,442	1,242	37
300	1185	1,422	1,200	27
295	1200	1,410	1,175	22

Сопротивления высчитывалось по закону Ома (Пример):

$$R = \frac{U}{I} = \frac{0,620}{1024} \cdot 10^6 = 605,469$$

Разобьём точки Таблицы №2 (графика R(t)) на пары и рассчитаем alpha:

Пары	alpha
1-6	0,0044
2-7	0,0045
3-8	0,0045
4-9	0,0043
5-10	0,0040
6-11	0,0039
7-12	0,0039

<alpha>
0,0042

$$\alpha_{ij} = \frac{R_i - R_j}{R_j \cdot t_i - R_i \cdot t_j} = \frac{1,444 - 1,327}{1,327 \cdot 82 - 1,444 \cdot 57} = 0,0044$$

$$E_{gij} = 2k \cdot \frac{T_i T_j}{T_j - T_i} \ln \left(\frac{R_i}{R_j} \right) = 2k \cdot \frac{295 \cdot 325}{325 - 295} \cdot \ln \frac{605,469}{111,391} = 0,93 \text{ эВ}$$

Разобьём точки Таблицы №1 (графика $\ln R(1/T)$) на пары и рассчитаем E_g :

Пары	E_g , Дж	E_g , эВ
1-6	1,49E-19	0,93
2-7	9,27E-20	0,58
3-8	1,06E-19	0,66
4-9	1,26E-19	0,79
5-10	1,20E-19	0,75
6-11	1,16E-19	0,72
7-12	1,14E-19	0,71

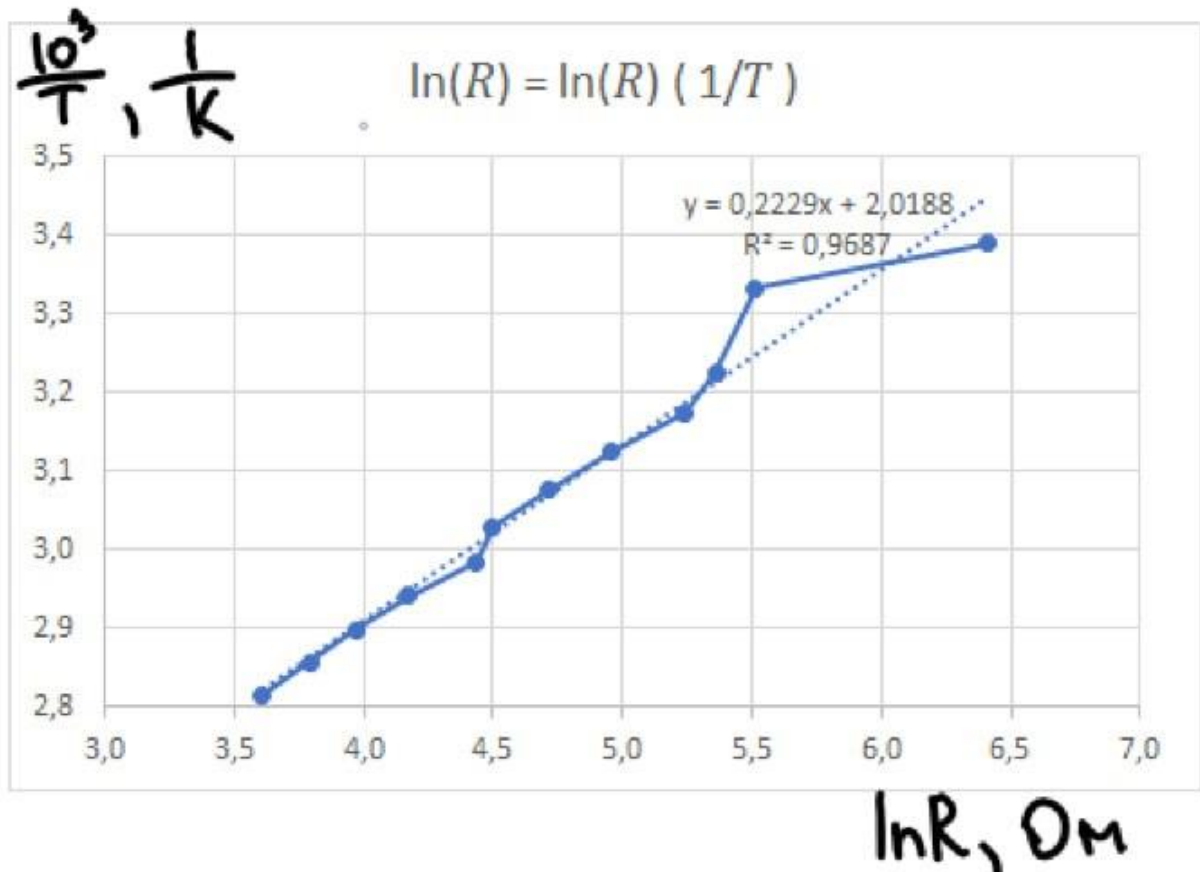
$\langle E_g \rangle$, Дж	$\langle E_g \rangle$, эВ
1,18E-19	0,74

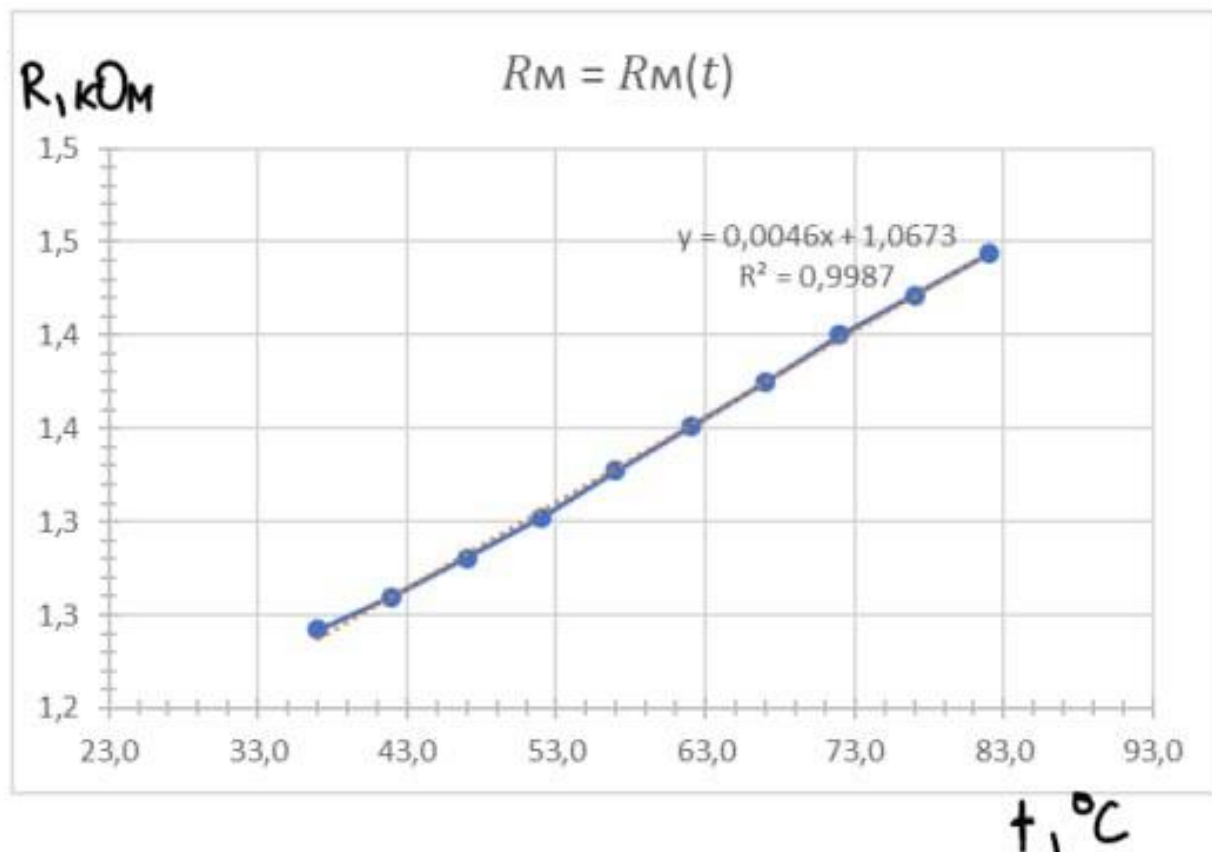
10. Расчет погрешностей измерений (для прямых и косвенных измерений).

$$\Delta\alpha = \sqrt{\frac{\sum(\alpha_i - \langle\alpha\rangle)^2}{7 \cdot (7-1)}} \cdot 3,17 = 0,00062 \quad \varepsilon = 14\%$$

$$\Delta E_g = \sqrt{\frac{\sum(E_g - \langle E_g \rangle)^2}{7 \cdot (7-1)}} \cdot 3,17 = 0,25 \text{ эВ} \quad \varepsilon = 34\%$$

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





12. Окончательные результаты.

Температурный коэффициент сопротивления металла:

$$\alpha = 0,0042 \pm 0,00062 \frac{1}{\text{K}} \quad \varepsilon = 14\%$$

Ширина запрещенной зоны полупроводника:

$$E_g = 0,74 \pm 0,25 \text{ эВ} \quad \varepsilon = 34\%$$

$$E_g = 1,18E - 19 \pm 3,9694E - 20 \text{ Дж} \quad \varepsilon = 34\%$$

13. Выводы и анализ результатов работы.

Анализируя температурный коэффициент сопротивления, можно предположить, что металлический образец был изготовлен из алюминия. Исходя из измеренной ширины запрещенной зоны, можно сделать вывод, что полупроводниковый образец был сделан из германия. Оценка линейности графиков указывает на то, что оба графика линейны. Это подтверждает предположение о том, что сопротивление металлического образца линейно увеличивается, а сопротивление полупроводникового образца экспоненциально уменьшается с увеличением температуры.