
Группа **Р3115** Работа выполнена 16.04.2021
Студент **Девяткин Арсений** Отчет сдан _____
Преподаватель **Боярский К.К.** Отчет принят _____

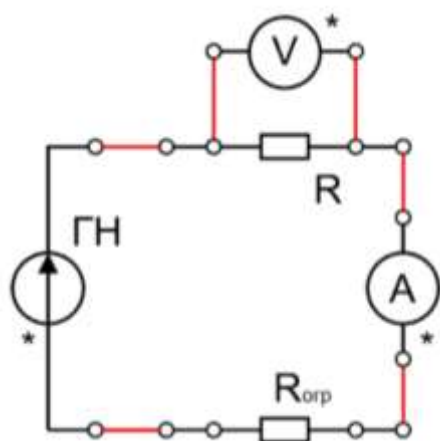
Рабочий протокол и отчет по лабораторной работе № 3.05

«Температурная зависимость электрического сопротивления металла и полупроводника »

Цель работы

1. Получить зависимость электрического сопротивления металлического и полупроводникового образцов в диапазоне температур от комнатной до $75\text{ }^{\circ}\text{C}$.
2. По результатам п.1 вычислить температурный коэффициент сопротивления металла и ширину запрещенной зоны полупроводника.

Схема установки



V - Вольтметр

A - Амперметр

$R_{огр}$ - Дополнительный резистор номиналом

$R_{огр} = 680\text{ }\Omega$

R - Полупроводниковый/металлический резистор

ГН - Генератор напряжения

Измерительные приборы

№ п/п	Наименование	Используемый диапазон	Погрешность прибора
1	Вольтметр	От 0 В до 2 В	0,001 В
2	Амперметр	От 1000 мкА до 1500 мкА	1 мкА
3	Регулятор температуры	От 290 К до 392 К	1 К

Исходные данные:

Постоянная Больцмана (физическая константа):

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

Результаты прямых измерений и расчет результатов косвенных измерений

Приложение 1,2 – две таблицы со значениями температуры, напряжения и силы тока. Одна таблица для проводника другая для полупроводника

Таблица 1: полупроводниковый образец

№ п.п	T, K	$I, \text{мкА}$	$U, \text{В}$	$R, \text{Ом}$		$\ln R$		$\frac{10^3}{T}, \frac{1}{K}$	
1	301	1238	1,090	0,88045	0,9	- 0,12732	- 0,1	3,32226	3,3
2	308	1238	0,864	0,69789	0,7	- 0,35969	- 0,4	3,24675	3,2
3	315	1238	0,660	0,53312	0,5	- 0,629	- 0,6	3,1746	3,2
4	320	1238	0,663	0,53554	0,5	- 0,62448	- 0,6	3,125	3,1
5	325	1237	0,453	0,36621	0,4	- 1,00455	- 1,0	3,07692	3,0
6	330	1237	0,389	0,31447	0,3	- 1,15687	- 1,2	3,0303	3,0
7	335	1237	0,312	0,25222	0,3	- 1,37745	- 1,4	2,98507	3,0
8	340	1237	0,260	0,210186	0,2	- 1,55976	- 1,6	2,94118	2,9

Таблица 2: металлический образец

№ п.п	T, K	$I, \text{мкА}$	$U, \text{В}$	$R, \text{кОм}$		$t, ^\circ\text{C}$
1	305	1236	1,402	1,134	1,1	32
2	310	1236	1,429	1,1343	1,1	37
3	315	1236	1,453	1,1755	1,2	42
4	320	1236	1,457	1,1788	1,2	47
5	325	1236	1,500	1,2136	1,2	52
6	330	1236	1,522	1,2314	1,2	57
7	335	1236	1,544	1,2492	1,2	62
8	340	1236	1,569	1,2694	1,3	67
9	345	1236	1,592	1,288	1,3	72
10	350	1238	1,622	1,31	1,3	77

Для второго образца необходимо найти значение α – температурного коэффициента сопротивления, для этого найдем её для пар значений 1-6, 2-7...5-10. Сделаем это по формуле:

$$\alpha_{ij} = \frac{R_i - R_j}{R_j t_i - R_i t_j}$$

Интервалы	α
1-6	0,003842
2-7	0,004822
3-8	0,003693
4-9	0,004476
5-10	0,003786

Тогда $a_{cp} = 0,004124$

Для первого образца необходимо найти ширину запретной зоны, для этого найдем её для пар значений 1-5, 2-6, 3-7, 4-8. Сделаем это по формуле:

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

Интервалы	E_g , Дж	E_g , эВ
1-5	$0,9867 * 10^{-19}$	0,6158
2-6	$1,0164 * 10^{-19}$	0,6343
3-7	$1,0899 * 10^{-19}$	0,6803
4-8	$1,4042 * 10^{-19}$	0,8764

Тогда средние значения:

$$E_{gcp} = 1,124 * 10^{-19} \text{ Дж}$$

$$E_{gcp} = 0,7017 \text{ эВ}$$

Расчет погрешностей

Так как и в случае с температурным коэффициентом, и в случае с шириной запретной зоны мы работаем с набором значений, то погрешность будем оценивать как для многократно повторяющихся измерений, находя СКО по формуле:

$$S_{\bar{a}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^5 (a_i - a_{cp})^2}{5 * 4}} = 0,000223$$

$$S_{\bar{E}_g} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^4 (E_i - \bar{E}_g)^2}{4 * 3}} = 0,09578 * 10^{-19}$$

Затем рассчитываем доверительный интервал, умножая СКО на коэффициент Стьюдента, Получим:

$$\Delta_{\bar{a}} = 0,000223 * 2,78 = 0,00062 \text{ (1/К)}$$

$$\Delta_{\bar{E}_g} = 0,09578 * 10^{-19} * 3,18 = 0,3046 * 10^{-19} \text{ Дж}$$

$$\Delta_{\bar{E}_g} = 0,19012 \text{ эВ}$$

Графики

Зависимость сопротивления металлического образца от температуры в шкале цельсия

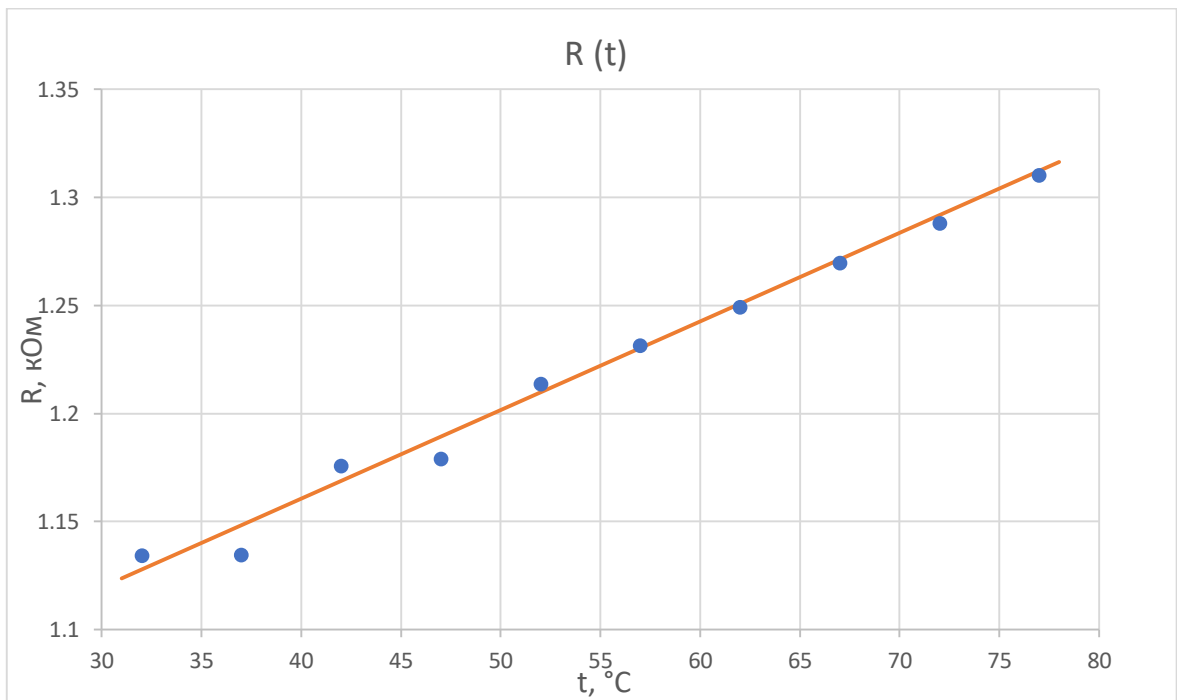
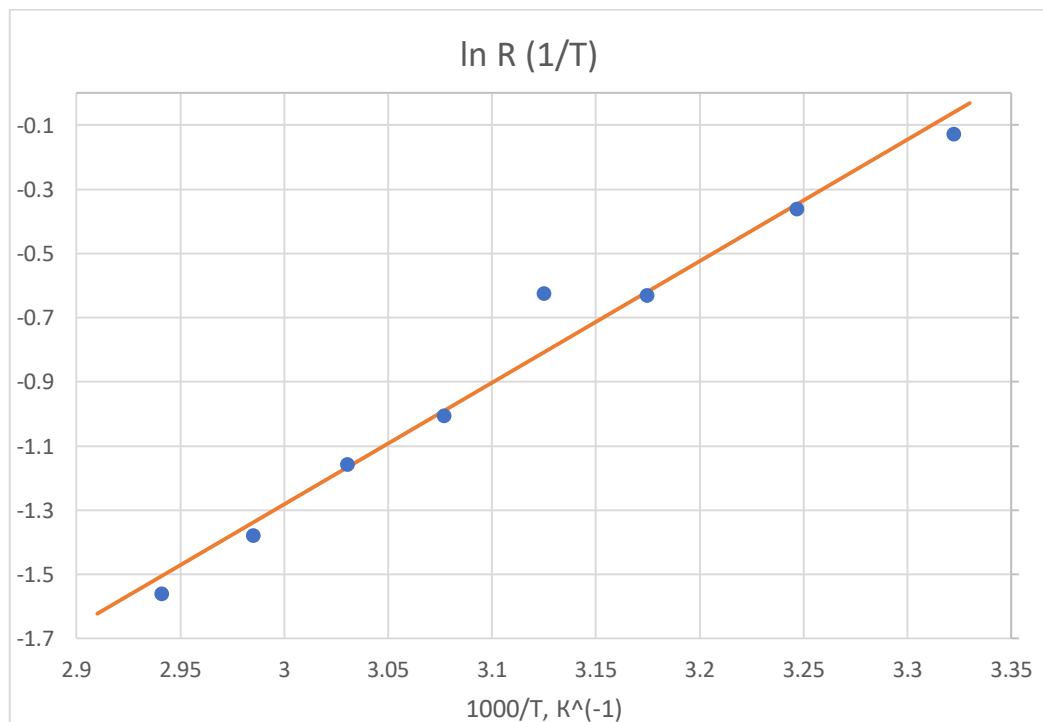


График явно демонстрирует линейную зависимость сопротивления проводника от температуры, что подтверждает теоретические положения

Зависимость натурального логарифма сопротивления полупроводника от обратной абсолютной температуры



Данный график имеет линейную зависимость, при этом одна экспериментальная точка значительно отстоит от теоретической зависимости, что, возможно, вызвано невнимательностью во время взятия замеров.

Окончательные результаты

В ходе выполнения лабораторной работы были получены следующие значения:

Значение температурного коэффициента сопротивления (для металла):

$$\alpha = (4,124 \pm 0,62) * 10^{-3} \text{ (1/K)} \quad \varepsilon_{\alpha} = 15\%$$

Сопоставляя данное значение с табличными, приходим к выводу, что металлический образец сделан из меди.

Ширина запрещённой зоны для полупроводника:

$$E_g = (0,7017 \pm 0,1901) \text{ эВ} \quad \varepsilon_{E_g} = 27\%$$

$$E_g = (1,124 \pm 0,3046) * 10^{-19} \text{ Дж} \quad \varepsilon_{E_g} = 27\%$$

Данному диапазону соответствует один полупроводник: германий.

Выводы

В ходе многократных прямых и косвенных измерений рассчитан температурный коэффициент α для металлического образца и ширина запрещённой зоны E_g для полупроводникового образца с их абсолютной и относительной погрешностями. Также в ходе эксперимента было подтверждено теоретическое положение о том, что сопротивление прямо пропорционально температуре, для полупроводников данная зависимость – логарифмическая (всё это можно увидеть на графиках).