**Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет**

**информационных технологий, механики и оптики ** **УЧЕБНЫЙ ЦЕНТР ОБЩЕЙ ФИЗИКИ ФТФ**

Группа R3136 К работе допущен Студент Куровский Артем Маратович Работа выполнена Преподаватель Крылов Василий Александрович Отчет принят

Рабочий протокол и отчет по лабораторной работе №3.05

1. Цель работы:

Изучение температурной зависимости электрического сопротивления металла и полупроводника

1. Задачи, решаемые при выполнении работы:
2. Получить зависимость электрического сопротивления металлического и полупроводникового образцов в диапазоне температур от комнатной до .
3. По результатам п.1 вычислить температурный коэффициент сопротивления металла и ширину запрещенной зоны полупроводника.
4. Объект исследования:

Металлический образец. Полупроводниковый образец.

1. Метод экспериментального исследования:

Экспериментальный.

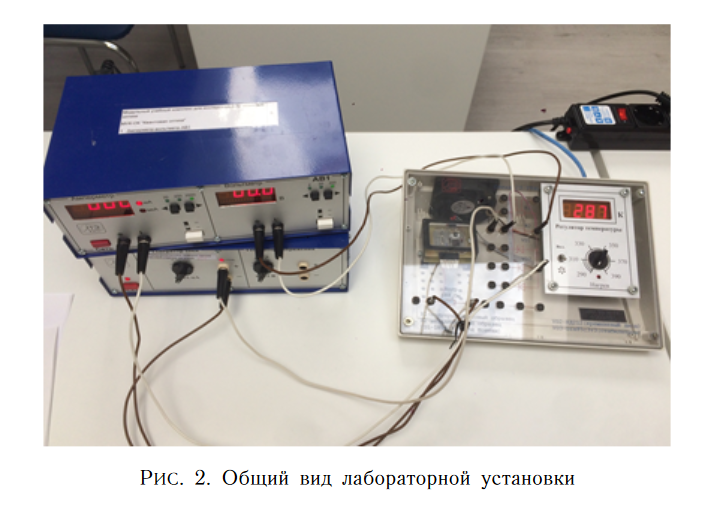
1. Рабочие формулы и исходные данные:

Сопротивление на участке цепи:

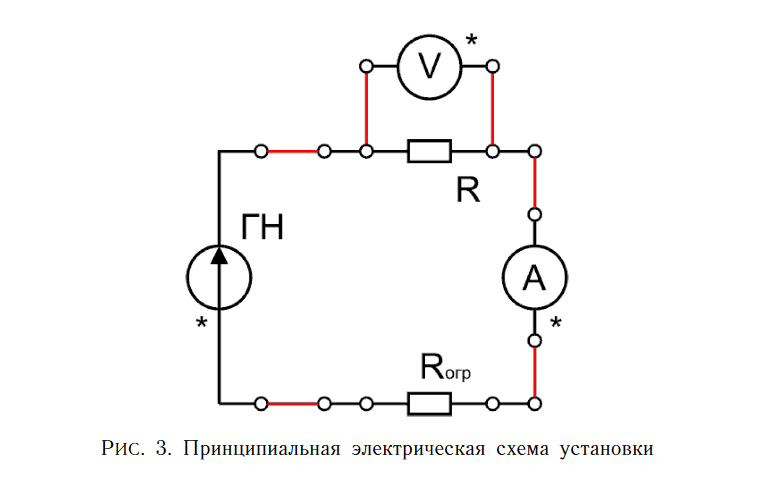
Температурный коэффициент : Ширина запрещённой зоны :

1. Измерительные приборы:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *№ п/п* | *Наименование* | *Тип прибора* | *Используемый диапазон* | *Погрешность прибора* |
| *1* | Вольтметр | Измерительный прибор | от 0 до 2 В | 0,001 В |
| *2* | Амперметр | Измерительный прибор | от 0 до 2000 мкА | 1 мкА |
| *3* | Электрический термометр | Измерительный прибор | От 290 до 400 К | 1 К |

**Схема установки:**

Общий вид лабораторной установки показан на рис. 2. Она состоит из стенда «С3-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 .

**Результаты прямых измерений и их обработки:**

***Таблица 1:*** *металлический образец*

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п.п |  |  |  |  | |  |
| 1 | 300 | 1303 | 1,459 | 1,11972371 | 1,1 | 27 |
| 2 | 308 | 1305 | 1,502 | 1,15095785 | 1,2 | 35 |
| 3 | 316 | 1306 | 1,545 | 1,18300153 | 1,2 | 43 |
| 4 | 324 | 1308 | 1,584 | 1,21100917 | 1,2 | 51 |
| 5 | 332 | 1308 | 1,625 | 1,24235474 | 1,2 | 59 |
| 6 | 340 | 1311 | 1,672 | 1,27536232 | 1,3 | 67 |
| 7 | 349 | 1307 | 1,728 | 1,32211171 | 1,3 | 76 |
| 8 | 358 | 1310 | 1,769 | 1,35038168 | 1,4 | 85 |
| 9 | 366 | 1307 | 1,806 | 1,38179036 | 1,4 | 93 |
| 10 | 374 | 1306 | 1,845 | 1,41271057 | 1,4 | 101 |
| 11 | 382 | 1307 | 1,893 | 1,44835501 | 1,4 | 109 |
| 12 | 391 | 1308 | 1,941 | 1,48394495 | 1,5 | 118 |

Расчёт сопротивления для каждого измерения:

Расчёт температуры по шкале Цельсия:

***Таблица 2:*** *полупроводниковый образец*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п.п |  |  |  |  | |  | |  | |
| 1 | 293 | 1238 | 0,743 | 0,600161551 | 0,6 | -0,510556409 | -0,5 | 3,412969283 | 3,4 |
| 2 | 304 | 1239 | 0,540 | 0,435835351 | 0,4 | -0,830490742 | -0,8 | 3,289473684 | 3,3 |
| 3 | 312 | 1238 | 0,381 | 0,307754443 | 0,31 | -1,178453078 | -1,2 | 3,205128205 | 3,2 |
| 4 | 321 | 1239 | 0,280 | 0,225988701 | 0,23 | -1,487270278 | -1,5 | 3,115264798 | 3,1 |
| 5 | 331 | 1239 | 0,190 | 0,153349475 | 0,15 | -1,875035809 | -1,9 | 3,021148036 | 3,0 |
| 6 | 339 | 1239 | 0,146 | 0,117836965 | 0,12 | -2,138453260 | -2,1 | 2,949852507 | 2,9 |
| 7 | 347 | 1239 | 0,109 | 0,087974173 | 0,09 | -2,430711999 | -2,4 | 2,881844380 | 2,9 |
| 8 | 355 | 1238 | 0,082 | 0,066235864 | 0,07 | -2,714533206 | -2,7 | 2,816901408 | 2,8 |
| 9 | 363 | 1238 | 0,063 | 0,050888530 | 0,05 | -2,978117727 | -3,0 | 2,754820937 | 2,8 |
| 10 | 372 | 1241 | 0,047 | 0,037872683 | 0,04 | -3,273525183 | -3,3 | 2,688172043 | 2,7 |
| 11 | 381 | 1242 | 0,035 | 0,028180354 | 0,028 | -3,569130201 | -3,6 | 2,624671916 | 2,6 |
| 12 | 390 | 1240 | 0,026 | 0,020967742 | 0,021 | -3,864770121 | -3,9 | 2,564102564 | 2,6 |

Расчёт сопротивления для каждого измерения:

Расчёт натурального логарифма сопротивления для каждого измерения:

Расчёт величины обратного значения температуры :

**Расчёт результатов косвенных измерений:**

***Таблица 3:*** *температурный коэффициент металлического образца*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  | |  | |  |  |  | |
| 1 | 7 | 1,11972371 | 1,1 | 1,32211171 | 1,3 | 27 | 76 | 4,096758190 | 4 |
| 2 | 8 | 1,15095785 | 1,2 | 1,35038168 | 1,4 | 35 | 85 | 3,943671747 | 3,9 |
| 3 | 9 | 1,18300153 | 1,2 | 1,38179036 | 1,4 | 43 | 93 | 3,928465507 | 3,9 |
| 4 | 10 | 1,21100917 | 1,2 | 1,41271057 | 1,4 | 51 | 101 | 4,012864983 | 4 |
| 5 | 11 | 1,24235474 | 1,2 | 1,44835501 | 1,4 | 59 | 109 | 4,122996993 | 4 |
| 6 | 12 | 1,27536232 | 1,3 | 1,48394495 | 1,5 | 67 | 118 | 4,084374388 | 4 |

Расчёт температурного коэффициента :

Расчёт среднего значения температурного коэффициента:

***Таблица 4:*** *ширина запрещенной зоны для полупроводникового образца*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  | |  | |  |  |  | |
| 1 | 7 | 0,600161551 | 0,6 | 0,087974173 | 0,09 | 293 | 347 | 0,99828 | 1,0 |
| 2 | 8 | 0,435835351 | 0,4 | 0,066235864 | 0,07 | 304 | 355 | 1,10087 | 1,1 |
| 3 | 9 | 0,307754443 | 0,31 | 0,050888530 | 0,05 | 312 | 363 | 1,10356 | 1,1 |
| 4 | 10 | 0,225988701 | 0,23 | 0,037872683 | 0,04 | 321 | 372 | 1,15487 | 1,2 |
| 5 | 11 | 0,153349475 | 0,15 | 0,028180354 | 0,028 | 331 | 381 | 1,17987 | 1,2 |
| 6 | 12 | 0,117836965 | 0,12 | 0,020967742 | 0,021 | 339 | 390 | 1,23574 | 1,2 |

Постоянная Больцмана:

Расчёт ширины запрещённой зоны :

Расчёт среднего значения ширины запрещённой зоны :

Расчёт среднего значения для металлического образца:

Расчёт среднего значения для полупроводникового образца:

**Расчёт погрешностей измерений:**

Коэффициент Стьюдента для доверительной вероятности и :

Расчёт погрешностей для металлического образца:

* Расчёт абсолютной погрешности температуры :

Расчёт среднего значения :

Расчёт СКО :

Расчёт доверительного интервала :

Расчёт абсолютной погрешности :

* Расчёт абсолютной погрешности напряжения :

Расчёт среднего значения :

Расчёт СКО :

Расчёт доверительного интервала :

Расчёт абсолютной погрешности :

* Расчёт абсолютной погрешности силы тока :

Расчёт среднего значения :

Расчёт СКО :

Расчёт доверительного интервала :

Расчёт абсолютной погрешности :

* Расчёт абсолютной погрешности сопротивления :
* Расчёт абсолютной погрешности температурного коэффициента :

Расчёт среднего значения :

Расчёт СКО :

Расчёт доверительного интервала :

Расчёт абсолютной погрешности :

Расчёт относительной погрешности :

Расчёт погрешностей для полупроводникового образца:

* Расчёт абсолютной погрешности температуры :

Расчёт среднего значения :

Расчёт СКО :

Расчёт доверительного интервала :

Расчёт абсолютной погрешности :

* Расчёт абсолютной погрешности напряжения :

Расчёт среднего значения :

Расчёт СКО :

Расчёт доверительного интервала :

Расчёт абсолютной погрешности :

* Расчёт абсолютной погрешности силы тока :

Расчёт среднего значения :

Расчёт СКО :

Расчёт доверительного интервала :

Расчёт абсолютной погрешности :

* Расчёт абсолютной погрешности сопротивления :
* Расчёт абсолютной погрешности ширины запрещённой зоны :

Расчёт среднего значения :

Расчёт СКО :

Расчёт доверительного интервала :

Расчёт абсолютной погрешности :

Расчёт относительной погрешности :

**Графики:**

График зависимости для металлического образца:

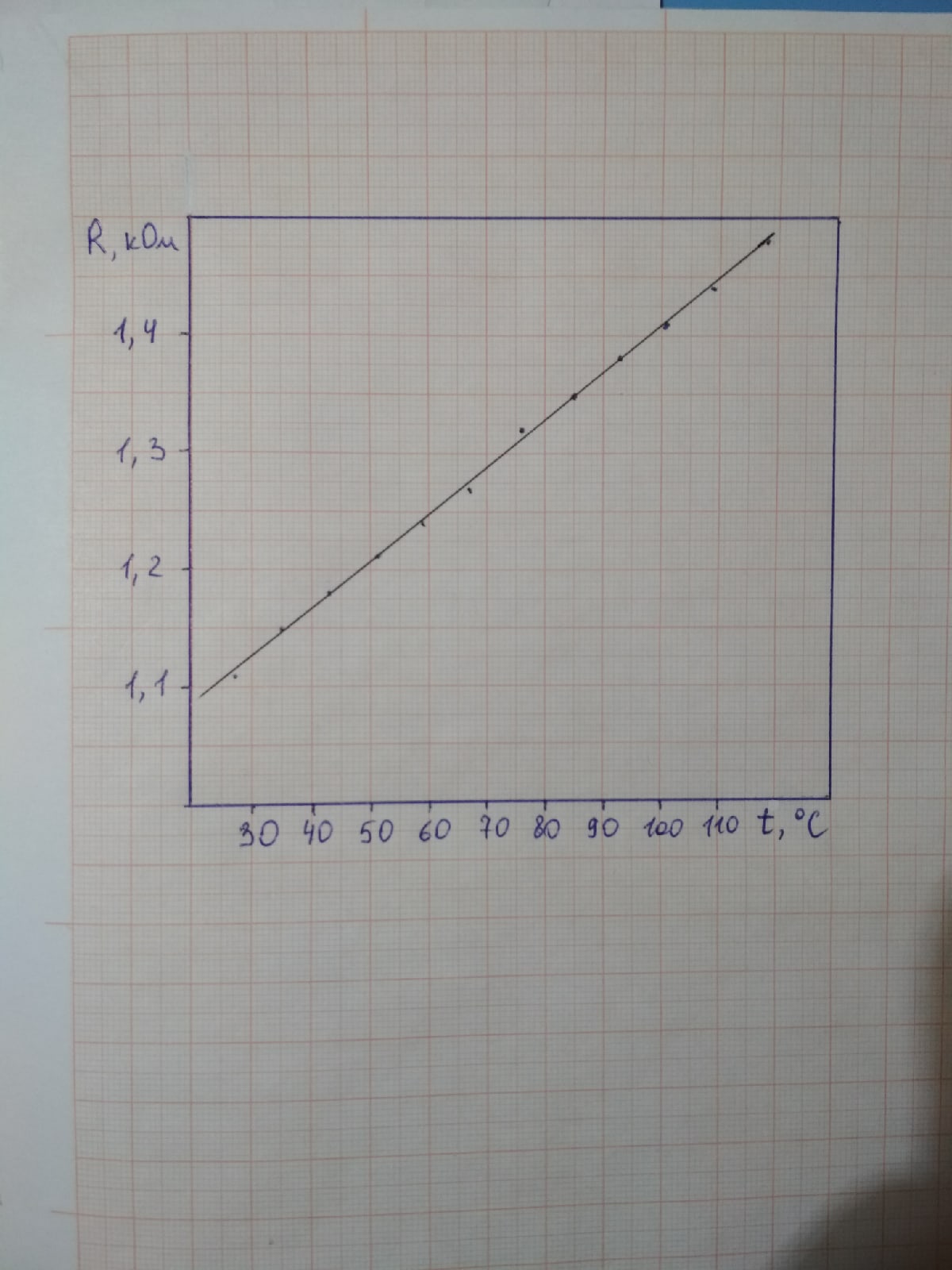
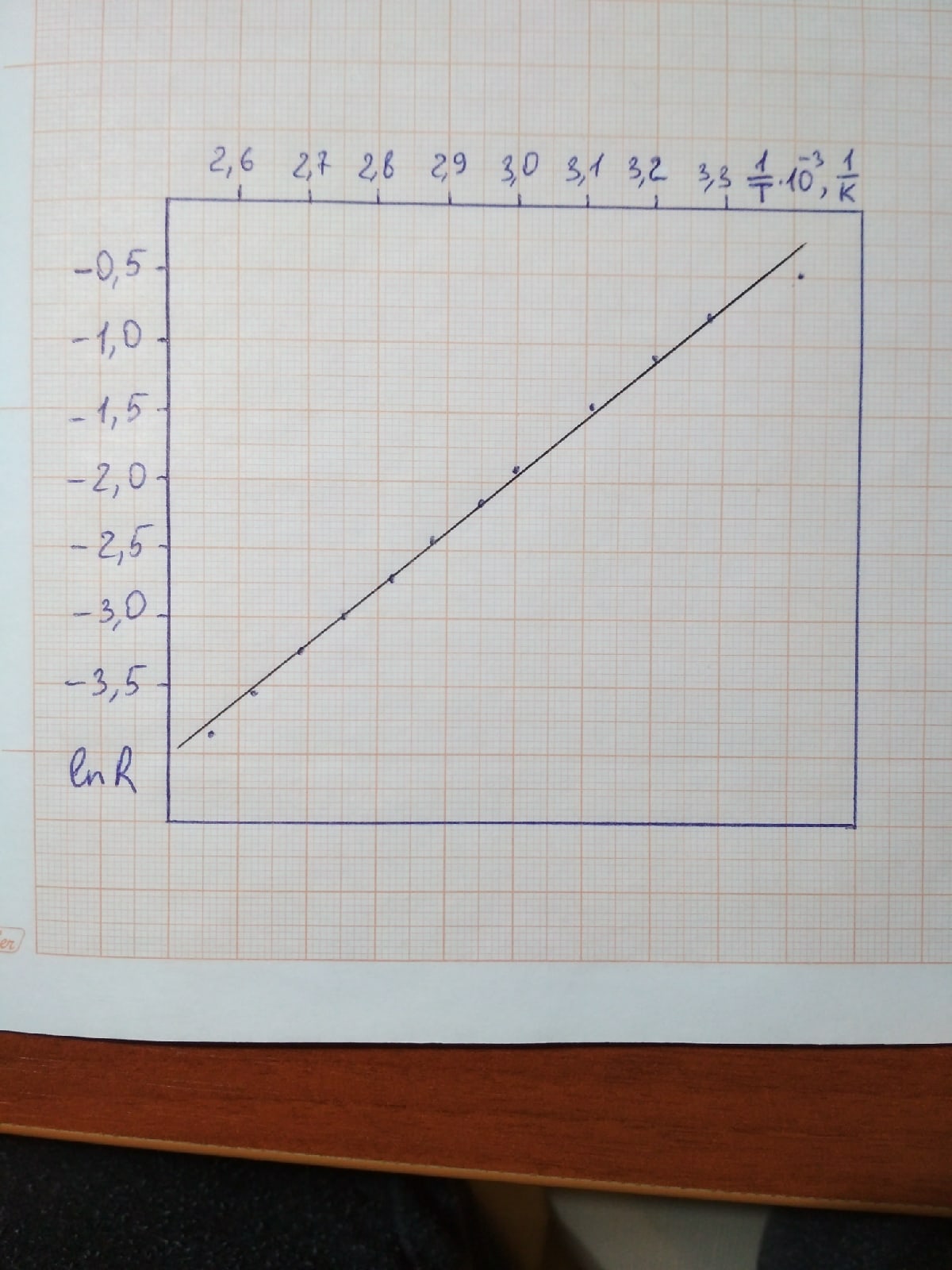


График зависимости для полупроводникового образца:



**Окончательные результаты:**

1. Построен график зависимости для металлического образца
2. Построен график зависимости для полупроводникового образца
3. Рассчитан температурный коэффициент для металлического образца:
4. Рассчитана ширина запрещённой зоны для полупроводникового образца:

**Выводы и анализ результатов работы:**

В ходе многократных прямых и косвенных измерений рассчитан температурный коэффициент для металлического образца и ширина запрещённой зоны для полупроводникового образца с их абсолютной и относительной погрешностями.

Полученный температурный коэффициент соответствует меди (Cu):

Полученная ширина запрещенной зоны соответствует германию (Ge):

***Таблица 1:*** *металлический образец*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п.п |  |  |  |  |  |
| 1 |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |
| 4 |  |  |  |  |  |
| 5 |  |  |  |  |  |
| 6 |  |  |  |  |  |
| 7 |  |  |  |  |  |
| 8 |  |  |  |  |  |
| 9 |  |  |  |  |  |
| 10 |  |  |  |  |  |
| 11 |  |  |  |  |  |
| 12 |  |  |  |  |  |

***Таблица 2:*** *полупроводниковый образец*

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п.п |  |  |  |  |  |  |
| 1 |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |  |
| 4 |  |  |  |  |  |  |
| 5 |  |  |  |  |  |  |
| 6 |  |  |  |  |  |  |
| 7 |  |  |  |  |  |  |
| 8 |  |  |  |  |  |  |
| 9 |  |  |  |  |  |  |
| 10 |  |  |  |  |  |  |
| 11 |  |  |  |  |  |  |
| 12 |  |  |  |  |  |  |