|  |  |
| --- | --- |
| Группа P3212 | К работе допущен |
| Студент Балин А. А. | Работа выполнена |
| Преподаватель Смирнов А. В. | Отчет принят |

**Рабочий протокол и отчет по  
лабораторной работе №3.05**

**Температурная зависимость электрического сопротивления**

**металла и полупроводника**

1. Цели работы.

* Получить зависимость электрического сопротивления металлического и полупроводникового образцов в диапазоне температур от комнатной до .
* По результатам п.1 вычислить температурный коэффициент

сопротивления металла и ширину запрещенной зоны полупроводника.

2. Измерительные приборы.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Наименование | Тип прибора | Используемый диапазон | Погрешность |
| 1 | Термометр | Электронный | 290–380 К | 0,5 К |
| 2 | Амперметр | Электронный | 0–2 мА | 0,001 мА |
| 3 | Вольтметр | Электронный | 0–2 В | 0,001 В |

3. Схема установки.

Изображение выглядит как электроника, машина, Электрическая проводка, Электронная техника

Автоматически созданное описание

Рисунок 1. Общий вид лабораторной установки.

Изображение выглядит как диаграмма, круг, линия, Технический чертеж

Автоматически созданное описание

Схема 1. Принципиальная электрическая схема установки.

4. Рабочие формулы:

Изображение выглядит как текст, Шрифт, часы, число

Автоматически созданное описание

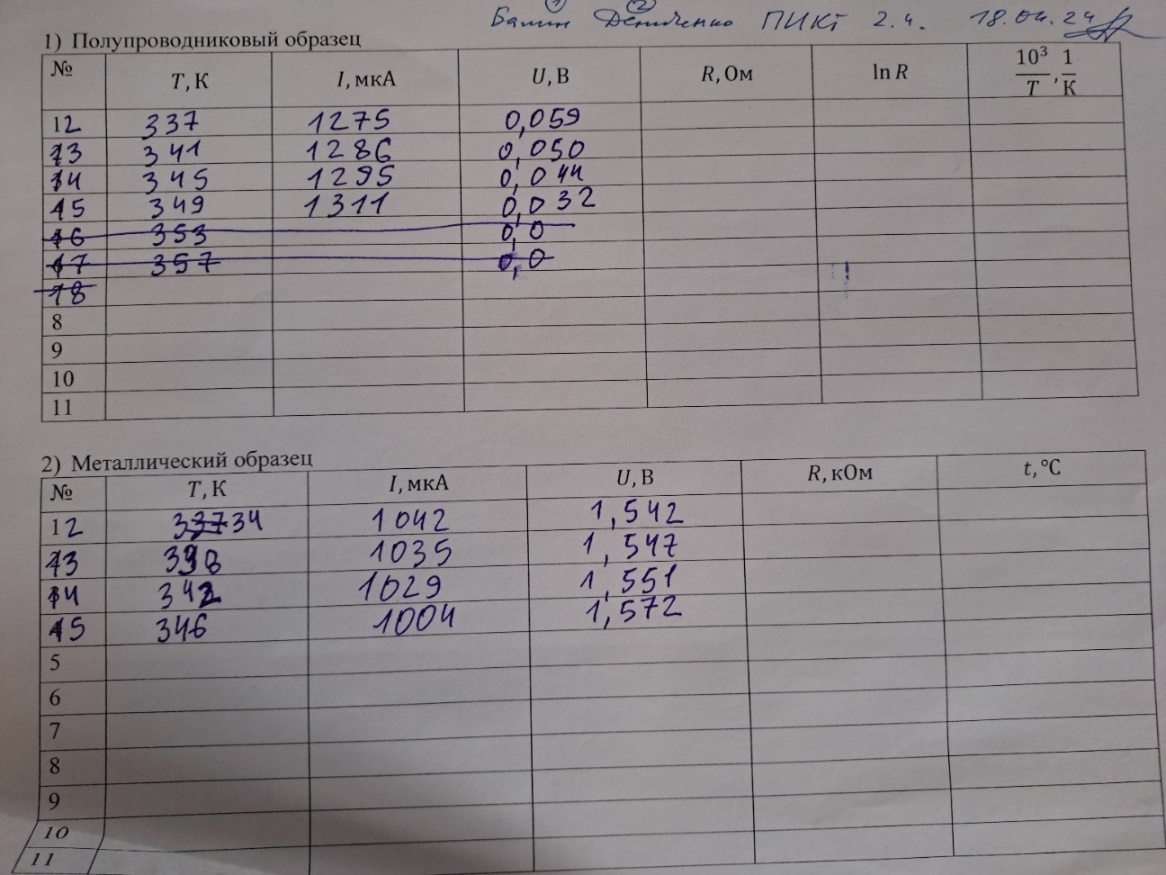
Изображение выглядит как Шрифт, текст, диаграмма, линия

Автоматически созданное описание

5. Ход работы.

Изображение выглядит как текст, рукописный текст, искусство

Автоматически созданное описание



|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № |  |  |  |  |  |  |
| 1 | 293 | 1058 | 0,241 | 227,7883 | 5,4284 | 3,4130 |
| 2 | 297 | 1080 | 0,211 | 195,3704 | 5,2749 | 3,3670 |
| 3 | 301 | 1116 | 0,188 | 168,4588 | 5,1267 | 3,3223 |
| 4 | 305 | 1148 | 0,161 | 140,2439 | 4,9434 | 3,2787 |
| 5 | 309 | 1171 | 0,140 | 119,5559 | 4,7838 | 3,2362 |
| 6 | 313 | 1194 | 0,123 | 103,0151 | 4,6349 | 3,1949 |
| 7 | 317 | 1213 | 0,108 | 89,0354 | 4,4890 | 3,1546 |
| 8 | 321 | 1231 | 0,095 | 77,1730 | 4,3461 | 3,1153 |
| 9 | 325 | 1245 | 0,082 | 65,8635 | 4,1876 | 3,0769 |
| 10 | 329 | 1257 | 0,072 | 57,2792 | 4,0479 | 3,0395 |
| 11 | 333 | 1269 | 0,063 | 49,6454 | 3,9049 | 3,0030 |
| 12 | 337 | 1275 | 0,059 | 46,2745 | 3,8346 | 2,9674 |
| 13 | 341 | 1286 | 0,050 | 38,8802 | 3,6605 | 2,9326 |
| 14 | 345 | 1295 | 0,044 | 33,9768 | 3,5257 | 2,8986 |

Таблица 1. Таблица экспериментальных значений для полупроводникового образца.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № |  |  |  |  |  |
| 1 | 290 | 1165 | 1,445 | 1,2403 | 16,9 |
| 2 | 294 | 1151 | 1,455 | 1,2641 | 20,9 |
| 3 | 298 | 1137 | 1,464 | 1,2876 | 24,9 |
| 4 | 302 | 1122 | 1,473 | 1,3128 | 28,9 |
| 5 | 306 | 1116 | 1,481 | 1,3271 | 32,9 |
| 6 | 310 | 1113 | 1,483 | 1,3324 | 36,9 |
| 7 | 314 | 1102 | 1,494 | 1,3557 | 40,9 |
| 8 | 318 | 1091 | 1,502 | 1,3767 | 44,9 |
| 9 | 322 | 1075 | 1,516 | 1,4102 | 48,9 |
| 10 | 326 | 1062 | 1,524 | 1,4350 | 52,9 |
| 11 | 330 | 1050 | 1,535 | 1,4619 | 56,9 |
| 12 | 334 | 1042 | 1,542 | 1,4798 | 60,9 |
| 13 | 338 | 1035 | 1,547 | 1,4947 | 64,9 |
| 14 | 346 | 1029 | 1,551 | 1,5073 | 72,9 |

Таблица 2. Таблица экспериментальных значений для металлического образца.

6. Обработка результатов.

Заполнили таблицу 1.

По данным таблицы 1 построили график 1.

Изображение выглядит как линия, диаграмма, График, число

Автоматически созданное описание

Рисунок 2. График зависимости для полупроводникового образца.

Качественно оценим линейность полученного графика: аппроксимируем график прямой и, найдя коэффициенты и , посчитаем коэффициент корреляции и СКО.

Формула 1. Линейная аппроксимация графика 1.

Корреляция:

что говорит о сильной линейной зависимости.

СКО:

Поэтому можно сделать вывод, что график 1 имеет сильную линейную зависимость.

По данным таблицы 2 построили график 2:

Изображение выглядит как линия, диаграмма, График, число

Автоматически созданное описание

Рисунок 3. График зависимости сопротивления от температуры для металлического образца.

Качественно оценим линейность графика 2:

Так как СКО находится в рамках погрешности приборов и коэффициент корреляции , можно говорить о сильной линейной зависимости температуры и сопротивления металлического образца.

Построили таблицу 3 для расчёта температурного коэффициента сопротивления металла:

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |
| 1 | 8 | 1,2403 | 1,3767 | 16,9 | 44,9 | 4,21 |
| 2 | 9 | 1,2641 | 1,4102 | 20,9 | 48,9 | 4,52 |
| 3 | 10 | 1,2876 | 1,4350 | 24,9 | 52,9 | 4,55 |
| 4 | 11 | 1,3128 | 1,4619 | 28,9 | 56,9 | 4,59 |
| 5 | 12 | 1,3271 | 1,4798 | 32,9 | 60,9 | 4,76 |
| 6 | 13 | 1,3324 | 1,4947 | 36,9 | 64,9 | 5,18 |
| 7 | 14 | 1,3557 | 1,5073 | 40,9 | 72,9 | 4,08 |

Таблица 3. Расчёт значения для всех пар.

Нашли величину среднего значения температурного коэффициента сопротивления:

И оценили погрешность с доверительной вероятностью 0,9:

Результат для температурного коэффициента сопротивления металла:

В этот доверительный интервал попадают два значения из таблицы:

Олово:

Вольфрам:

Значение ближе у вольфрама, предположим, что образец был из этого металла.

Для вычисления запрещённой зоны полупроводника построили таблицу 4:

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1 | 8 | 227,79 | 77,17 | 293 | 321 | 10,04 | 0,63 |
| 2 | 9 | 195,37 | 65,86 | 297 | 325 | 10,35 | 0,65 |
| 3 | 10 | 168,46 | 57,28 | 301 | 329 | 10,54 | 0,66 |
| 4 | 11 | 140,24 | 49,65 | 305 | 333 | 10,40 | 0,65 |
| 5 | 12 | 119,56 | 46,27 | 309 | 337 | 9,75 | 0,61 |
| 6 | 13 | 103,02 | 38,88 | 313 | 341 | 10,26 | 0,64 |
| 7 | 14 | 89,04 | 33,98 | 317 | 345 | 10,39 | 0,65 |

Таблица 4. Расчёт запрещённой зоны полупроводника для каждой пары.

Нашли среднюю величину для двух размерностей и оценили с доверительной вероятностью 0,9:

Сравниваем со значениями ширины запрещённых зон полупроводников при температуре , в наш интервал подходит германий со значением .

7. Вывод.

В ходе работы были измерены значения температуры, тока, напряжения и рассчитаны соответствующие значения сопротивления для обоих типов образцов.

Результаты обработки данных показали сильную линейную зависимость между ln(R) и 1/T или R(t) для полупроводника и металла соответственно. Коэффициенты корреляции и СКО подтверждают эту зависимость.

Затем были проведены расчеты температурного коэффициента сопротивления металла и ширины запрещенной зоны полупроводника. Доверительные интервалы с доверительной вероятностью 0,9 позволили сделать вывод о том, что значения, полученные для металлического образца, соответствуют характеристикам вольфрама, а для полупроводника соответствуют германию.

Линейные зависимости, доказанные в расчётах, соответствуют теоретическим данным и зависимостям.

8. Вопросы

1) Снижение сопротивления полупроводника с ростом температуры происходит, потому что электроны получают достаточно энергии для перехода из валентной зоны в зону проводимости, увеличивая тем самым количество носителей заряда, что улучшает проводимость и снижает сопротивление. При росте температуры происходит более значительное увеличение свободных носителей, что приводит к более сильному снижению сопротивления.

2) Подвижность носителей заряда – характеристика способности электронов перемещаться в полупроводнике или проводнике под действием электрического поля. Подвижность обычно уменьшается с ростом температуры, так как более интенсивные колебания частиц ведут к частым столкновениям, что рассеивает электроны и уменьшает тем самым подвижность.

3)

Причём

Где – подвижность носителей.

4)

Где – электропроводимость.