

Методические указания
к выполнению лабораторной работы 2.3.5

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ СОПРОТИВЛЕНИЯ
ПРОВОДНИКОВ И ПОЛУПРОВОДНИКОВ
ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ***

*Некрасов В.В. Электрические свойства проводников, полупроводников и диэлектриков: Методические указания к выполнению лабораторных работ / В.В. Некрасов, Л.В. Филимоненкова, В.В. Добрынина, Ю.В. Логинов, О.А. Андреев– РИО АЛТИ, 1981. – 36 с.

Цель работы – исследование зависимости сопротивления проводника и полупроводника от температуры.

Теоретические положения

Электронные проводники и полупроводники с уменьшением температуры изменяют электрическое сопротивление. Изменение сопротивления характеризуется термическим коэффициентом сопротивления:

$$\alpha = \frac{1}{R} \frac{dR}{dt}, \quad (5.1)$$

где R – сопротивление при данной температуре;

dR – изменение сопротивления при изменении температуры на dt .

Термический коэффициент сопротивления α показывает, на какую часть изменяется сопротивление при изменении температуры на один градус. Для металлов $\alpha > 0$, то есть с ростом температуры сопротивление проводника увеличивается. Для полупроводников $\alpha < 0$, то есть с повышением температуры сопротивление проводника уменьшается.

В металлических проводниках при не слишком низких температурах сопротивление растет с увеличением температуры приблизительно по линейному закону:

$$R = R_0(1 + \alpha t), \quad (5.2)$$

где R_0 , R – сопротивления проводника соответственно при 0°C и более высокой температуре.

В полупроводниках сопротивление с повышением температуры резко падает по экспоненциальному закону:

$$R = B e^{\frac{\Delta E}{2kT}}, \quad (5.3)$$

где B – некоторая постоянная для данного полупроводника, имеющая размерность сопротивления;

ΔE – ширина запрещенной зоны;

k – постоянная Больцмана;

T – абсолютная температура.

Логарифмируя уравнение (5.3), получаем

$$\ln R = \ln B + \frac{\Delta E}{2k} \frac{1}{T}, \quad (5.4)$$

Такой вид уравнения зависимости сопротивления от температуры наиболее удобный для экспериментального определения ширины запрещенной зоны ΔE . При построении графика зависимости $\ln R = f\left(\frac{1}{T}\right)$ получается прямая линия, угловой коэффициент которой равен $\frac{\Delta E}{2k}$.
Определив его, можно рассчитать ΔE .

Описание установки

Металлический проводник представляет собой катушку из медного провода, вмонтированного в стальной корпус. Концы провода выведены к клеммам на верхней панели. Полупроводник представляет собой цилиндр, основания которого зажаты между электрическими электродами, концы последних выведены к клеммам на верхней панели.

Проводник и полупроводник помещены в водяную баню, температура которой измеряется при помощи мультиметра М-838. Измерение сопротивлений измеряется мультиметром DT-832 (рис.5.1).

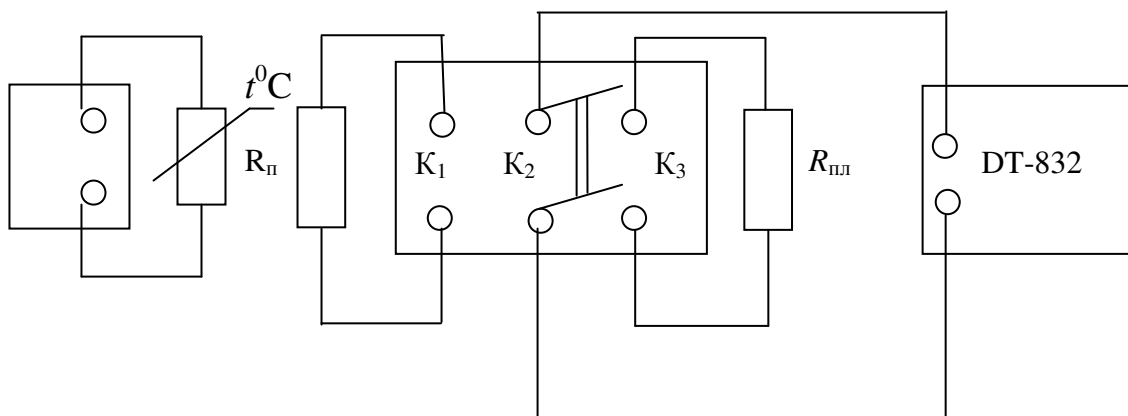


Рисунок 5.1. – Схема лабораторной установки

Порядок выполнения работы и обработки результатов измерений

1. Собрать схему (рис. 5.1), соединить средние клеммы переключателя K_2 с клеммами моста с надписью R_x .
2. Налить в цилиндрический сосуд воду. Опустить в воду исследуемые проводник и полупроводник, вмонтированные в крышку сосуда.
3. Первый отсчет произвести при комнатной температуре, которую определяют по мультиметру М-838. Затем соединить переключателем клеммы K_2 и K_1 и измерить по мультиметру DT-832 сопротивление исследуемого металлического проводника R_n . Данные записать в таблицу.
4. Замкнуть переключателем клеммы K_2 , K_3 , описанным выше способом измерить сопротивление полупроводника $R_{пл}$.
5. Включить электроплитку и производить измерения сопротивлений проводника и полупроводника через каждые $5^{\circ}C$ до температуры $45^{\circ}C$.
6. Выключить плитку и произвести аналогичные измерения через равные интервалы температуры вплоть до $70^{\circ}C$. Данные измерений внести в таблицу.

Таблица 5.1. - Результаты измерений

Металл (R_n)		Полупроводник (R_{nl})				
$t, ^\circ\text{C}$	$R_x, \text{Ом}$	$t, ^\circ\text{C}$	$R_x, \text{Ом}$	$T, \text{К}$	$\frac{1}{T} \cdot 10^3, \frac{1}{\text{К}}$	$\ln R_x$

7. По табличным данным построить график зависимости $R = f(t)$ для проводника. Полученную прямую продолжить до пересечения с осью сопротивлений при $t = 0^\circ\text{C}$. Определить по графику R_0 .

8. Взять наиболее высокую точку на графике. По сопротивлению в этой точке и R_0 рассчитать α (температурный коэффициент сопротивления проводника).

9. Для полупроводника построить график зависимости $\ln R = f\left(\frac{1}{T}\right)$.

10. По координатам двух наиболее удаленных точек прямой $\ln R = f\left(\frac{1}{T}\right)$ рассчитать ширину запрещенной зоны полупроводника по уравнению

$$\Delta E = 2k \frac{\ln R_1 - \ln R_2}{\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}} \quad (5.5)$$

11. Выразить ΔE в электрон-вольтах.

Контрольные вопросы

1. Каков механизм проводимости полупроводников p -типа?
2. Объяснить различие между проводниками, полупроводниками и диэлектриками на основе зонной теории.
3. Какие факторы влияют на сопротивление проводника? Почему и как зависит сопротивление проводника и полупроводника от температуры?
4. Объяснить проводимость полупроводников с собственной и примесной проводимостью на основе зонной теории.
5. Какой физический смысл имеет температурный коэффициент сопротивления?
6. Вывести уравнение (5.5).