



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Брянский государственный технический университет

Кафедра «Общей физики»

ОТЧЕТ

по лабораторной работе № _____

(название лабораторной работы)

Выполнил студент группы _____

(Ф.И.О)

Отметка о допуске: _____

Отметка о защите: _____

Брянск 20 ____



**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Брянский государственный технический университет

Утверждаю
Ректор университета

_____ **А.В. Лагерев**

« _____ » _____ **2012 г.**

ФИЗИКА

**ИЗУЧЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ СОПРОТИВЛЕНИЯ
МЕТАЛЛОВ И ПОЛУПРОВОДНИКОВ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ**

**Методические указания
к выполнению лабораторной работы № 27
для студентов очной и очно-заочной форм обучения
технических специальностей**

Брянск 2012

Цель работы: научиться определять зависимость сопротивления металлов и полупроводников от температуры.

Теоретическое введение

Все твердые тела по своим электрическим свойствам делятся на проводники, полупроводники и диэлектрики. Проводимость проводников обусловлена наличием в них свободных электронов.

Согласно электронной теории, удельная электропроводность определяется по формуле:

$$\sigma = \frac{e^2 \cdot n_0 \cdot \lambda}{m \cdot u}, \quad (1)$$

где e и m – заряд и масса электрона;

n_0 – число свободных электронов в единице объема;

λ – средняя длина свободного пробега электронов;

u – средняя скорость теплового движения электронов.

Средняя скорость теплового движения электронов (u) в металлах от температуры практически не зависит. Средняя длина свободного пробега с ростом температуры уменьшается, так как увеличивается колебательное движение положительных ионов, составляющих кристаллическую решетку и соответственно увеличивается число столкновений электронов с ионами, т.е. $\lambda \sim 1/T$.

Следовательно, с ростом температуры проводимость проводника уменьшается $\sigma \sim 1/T$.

Проводимость чистого полупроводника (собственная), согласно зонной теории твердых тел, меняется с изменением температуры по следующему закону:

$$\sigma = \sigma_0 \cdot e^{-\frac{\Delta W}{2kT}}, \quad (2)$$

где σ_0 – постоянный коэффициент, соответствующий электропроводности полупроводника при $T \rightarrow 0$;

ΔW – ширина запрещенной зоны для данного полупроводника;

k – постоянная Больцмана.

Используя зависимость $\sigma = \frac{1}{\rho}$, формулу (2) можно выразить в следующем виде:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_0} \cdot e^{-\frac{\Delta W}{2kT}}. \quad (3)$$

С повышением температуры растет число электронов, энергия которых больше энергии активации (ширины запрещенной зоны), т.е. достаточна для их перехода из заполненной (валентной) зоны в зону проводимости. Поэтому с ростом температуры проводимость чистых полупроводников растет.

Если в полупроводнике есть примеси, то в случае донорной примеси с повышением температуры первыми будут переходить в зону проводимости электроны атомов примеси. Для них энергия активации $\Delta W'$, равная по шкале энергий расстоянию от донорного уровня до дна зоны проводимости, гораздо меньше ширины запрещенной зоны ΔW . А с повышением температуры, когда истощаются примеси, в зону проводимости переходят электроны атомов полупроводника. При добавке акцепторной примеси с повышением температуры электроны полупроводника, перешедшие на акцепторный уровень из валентной зоны, будут первыми переходить в зону проводимости. Следовательно, примесная проводимость определяется по формуле

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_0} \cdot e^{-\frac{\Delta W'}{2kT}}, \quad (4)$$

где $\Delta W'$ – энергия активации.

На рис. 3 правая часть кривой соответствует примесной проводимости (при низких температурах), определяемой по формуле (4), а левая часть графика – собственной проводимости полупроводника и истощению примесей (при более высоких температурах), что описывается формулой (3).

Изучению зависимости сопротивления проводника и полупроводника от температуры, а также определению энергии активации чистого полупроводника посвящена настоящая работа.

Экспериментальная часть

1. Описание экспериментальной установки

1. В данной установке (рис. 1) основным элементом является нагревательный блок 1, который состоит:

- из электронагревателя 2;
- термопары 3;
- исследуемых образцов металла R_{np} и полупроводника $R_{n/np}$ – 4,

5.

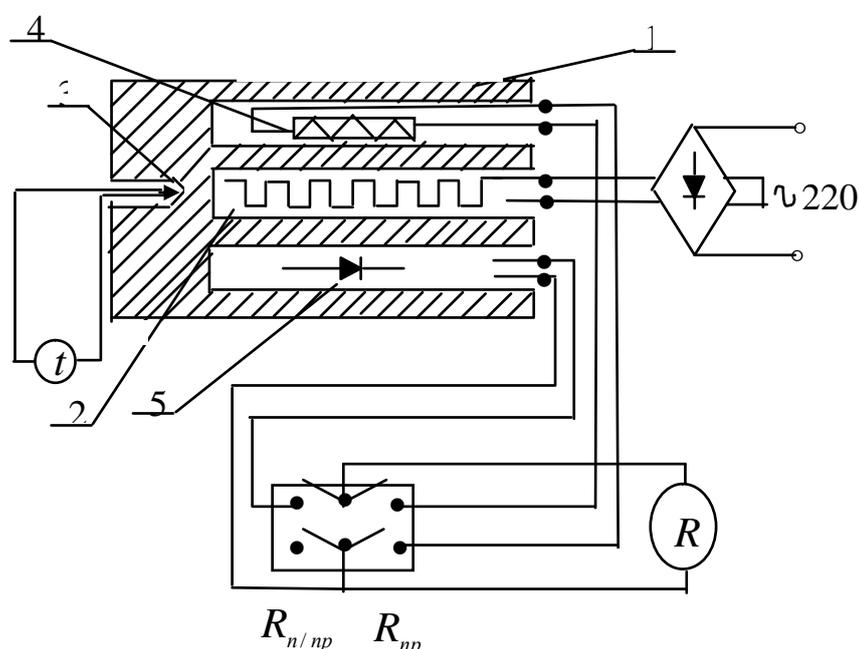


Рис. 1. Принципиальная электрическая схема установки

2. Для контроля температуры блока нагрева и контроля сопротивления исследуемых образцов R_{np} и $R_{n/np}$ применяются два мультиметра (рис. 2):

- цифровой мультиметр 1 в режиме измерения температуры (режим °C);
- цифровой мультиметр 2 в режиме измерения сопротивления (режим 2000 Ом).

3. Поочередное включение контроля сопротивления R_{np} и $R_{n/np}$ осуществляется переключателем 5 (рис. 2).

4. Для сохранения температуры нагревательный блок закрывается кожухом 6 (рис. 2).
5. Установка имеет встроенный вентилятор, который используется для охлаждения нагревательного блока до окружающей температуры, при этом кожух 6 сдвигается вправо, открывая нагревательный блок для охлаждения. С помощью тумблера 3 выбирается соответствующий режим «нагреватель», «вентилятор». Тумблер 4 отвечает за включение нагревателя и вентилятора в зависимости от выбранного режима (рис. 2).

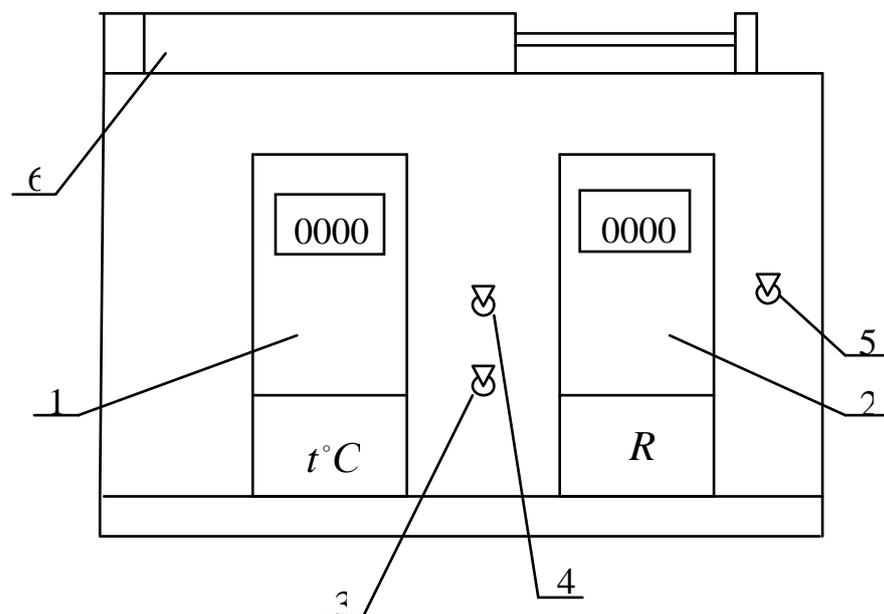


Рис. 2. Экспериментальная установка для измерения сопротивлений проводника и полупроводника

Техника безопасности

1. Строго соблюдать общие правила техники безопасности при работе на электроустановках.
2. Запрещается прикасаться к корпусу нагревательного блока во время его охлаждения.

Порядок выполнения работы

Выполнение измерений

1. На лицевой панели установки поставить тумблер 4 в положение «Выкл».

2. Проверить включение вилки шнура питания установки в розетку на столе.

3. С помощью белой кнопки на электрическом щите подать напряжение на установку (с разрешения преподавателя).

4. При подаче напряжения на панели установки загорится сигнальная лампочка. Мультиметры показывают исходные величины температуры и сопротивления.

5. Мультиметр 1 должен показывать температуру окружающей среды (комнатную).

6. При превышении показаний мультиметра 1 относительно комнатной температуры необходимо открыть нагревательный блок (смещением кожуха блока 6 вправо). Включить тумблер 3 в положение «вентилятор», а тумблер 4 в положение «Вкл.» («нагреватель-вентилятор»).

7. При получении показаний мультиметра 1, равных температуре окружающей среды, выключить вентилятор тумблером 4 и записать исходные величины температуры и сопротивлений R_{np} и $R_{n/np}$, поочередно переключая тумблер 5 в положения R_{np} и $R_{n/np}$.

8. Закрывать кожух нагревательного блока, тумблер 3 переключить в положение «нагреватель» и включить тумблер 4 в положение «Вкл.» («нагреватель-вентилятор»).

9. Следить за показаниями приборов и записывать значения сопротивлений R_{np} и $R_{n/np}$, поочередно переключая тумблер 5 в положения R_{np} и $R_{n/np}$, через каждые 10° .

10. После достижения температуры 100° снимать значения сопротивлений R_{np} и $R_{n/np}$ через каждые 5° до температуры 115° .

11. После окончания работы необходимо тумблер 3 перевести в режим «вентилятор», отодвинуть кожух 6 (рис. 2).

12. По полученным данным построить графики зависимости сопротивления проводника и полупроводника от температуры.

13. Вычислить величину запрещенной зоны, пользуясь рис. 4. По данным измерений построить для полупроводника зависимость логарифма $\ln \frac{1}{R}$ от величины $\frac{1}{T}$, где T – абсолютная температура. Полученная кривая будет иметь вид, указанный на рис. 3.

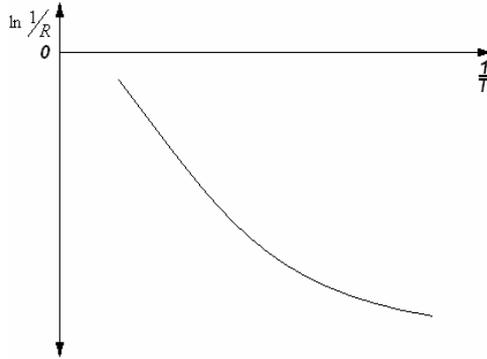


Рис. 3

Логарифмируя уравнение (3), получим:

$$\ln \frac{1}{R} = \ln \frac{1}{R_0} - \frac{\Delta W}{2kT}, \text{ где } \frac{1}{T} \text{ — переменная величина.}$$

Из рис. 3 видно, что тангенс угла наклона линейной части кривой к оси абсцисс выражается $\operatorname{tg} \alpha = \frac{\Delta W}{2k}$, откуда ширина запрещенной зоны: $\Delta W = 2k \cdot \operatorname{tg} \alpha$. Для нахождения $\operatorname{tg} \alpha$ воспользуемся рис. 4.

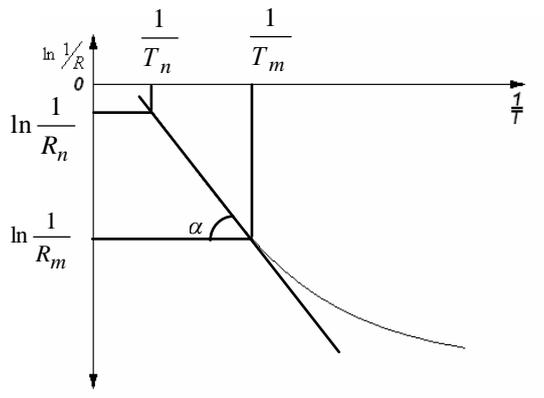


Рис. 4

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\left| \ln \frac{1}{R_n} - \ln \frac{1}{R_m} \right|}{\frac{1}{T_m} - \frac{1}{T_n}}.$$

Контрольные вопросы

1. Как классическая теория электропроводности объясняет проводимость проводников?
2. Как объяснить возникновение сопротивления проводника на основании электронной теории?
3. Объясните с точки зрения зонной теории электрические свойства кристаллов.
4. Что такое собственная проводимость полупроводников?
5. Что такое примесная проводимость полупроводников?
6. Объясните полученную зависимость сопротивления проводника от температуры.
7. Как рассчитывается величина запрещенной зоны и в каких единицах измеряется?
8. Почему для определения величины запрещенной зоны по кривой (рис. 3) используется линейная часть кривой?
9. Приведите примеры практического учета, использования зависимости сопротивления проводников, полупроводников от температуры.
10. Объясните ход кривой температурной зависимости сопротивления полупроводника в интервале 100-115° С.

Список рекомендуемой литературы

1. Фриш, С.Э. Курс физики / С.Э. Фриш, А.В. Тиморева. – М.: Наука, 2009. – Т.2, § 160-161, 163-171.
2. Епифанов, Г.И. Физика твердого тела / Г.И. Епифанов. – М.: Лань, 2010. – С. 156-157, 177-183.
3. Калашников, С.Г. Электричество / С.Г. Калашников. – М.: Физматлит, 2003. – § 159,160, 166-168.
4. Савельев, И.В. Курс физики / И.В. Савельев. – М.: Наука, 2008. – Т.3, § 55-59.