

Лабораторная работа № 6.2

Изучение зависимости сопротивления металлов от температуры

Принадлежности: Прибор для изучения температурной зависимости сопротивления металлов. Металлические образцы.

Цель работы: Определение температурного коэффициента сопротивления металла.

Электрическое сопротивление R – физическая величина, характеризующая противодействие проводника движущимся в нем носителям электрического тока. Электрическое сопротивление обусловлено преобразованием электрической энергии в другие виды (преимущественно в тепловую).

При постоянном токе электрическое сопротивление R участка цепи равно отношению приложенного к нему напряжения U к силе протекающего тока I при отсутствии на этом участке источников ЭДС (закон Ома)

$$I = \frac{U}{R}. \quad (1)$$

Его называют омическим или активным сопротивлением. Оно зависит от свойств материала проводника, его размеров, формы, а также от внешних условий (в частности, от температуры). Единицей сопротивления служит Ом, равный сопротивлению такого проводника, в котором при напряжении в 1 В течет ток силой в 1 А.

Для однородного по составу проводника длиной l при постоянной площади поперечного сечения S

$$R = \rho \frac{l}{S}, \quad (2)$$

где ρ – **удельное сопротивление** – физическая величина, равная электрическому сопротивлению цилиндрического проводника единичной длины и единичной площади поперечного сечения. Удельное сопротивление ρ характеризует материал проводника. Если сопротивление R выражено в омах, длина l – в метрах, и сечение S – в квадратных метрах, то удельное сопротивление ρ будет выражаться в омах, помноженных на метр (ом·метрах).

Удельные сопротивления и температурные коэффициенты сопротивления некоторых металлов и сплавов (при $t = 18^\circ\text{C}$) показаны в таблице. Из всех металлов наименьшее удельное сопротивление имеет серебро. Удельное сопротивление меди только на 10% меньше электропроводности серебра, притом медь во много раз дешевле, поэтому применяемые в электротехнике высококачественные провода чаще всего изготавливаются из меди. Наряду с медью для изготовления проводов применяют железо, которое для предотвращения от ржавчины оцинковывают. Железо обладает большой механической прочностью, оно значительно дешевле меди, но его удельное сопротивление в шесть раз больше, чем у меди. Для изготовления проводов применяют также алюминий, удельное сопротивление которого только в полтора раза превышает сопротивление меди.

Таблица

Металл	Удельное сопротивление, ρ , нОм·м	Температурный коэффициент сопротивления, α , 10^{-4} град $^{-1}$
Серебро	15,8	41
Медь	17,5	43
Золото	22	40
Алюминий	27	38
Вольфрам	53	51
Цинк	60	37
Никель	73	27
Железо	100	62
Платина	108	38
Олово	113	45
Свинец	208	42
Сурьма	340	
Ртуть	954	8,8
Висмут	1180	

Высокая электропроводность металлов связана с тем, что в них имеется большое количество носителей тока — *электронов проводимости*, образующихся из валентных электронов атомов металла. Электрический ток в металле возникает под действием внешнего электрического поля, которое вызывает упорядоченное движение электронов.

Электрическое сопротивление металлов связано с рассеянием электронов проводимости на ионах кристаллической решетки, совершающих тепловые колебания, а также дефектах решетки и примесных атомах. Совершенно правильная, идеальная кристаллическая решетка, в узлах которой находятся **неподвижные** ионы, не оказывала бы никакого сопротивления для движения электронов. Поток свободных электронов должен проходить сквозь такую решетку беспрепятственно.

Однако хорошо известно, что при любой температуре частицы твердого тела в узлах решетки **совершают колебания**. С повышением температуры возрастает рассеяние электронов на тепловых колебаниях узлов решетки и уменьшается средняя длина их свободного пробега. Поэтому R зависит от температуры.

Зависимость сопротивления металлического образца от температуры определяется линейной функцией:

$$R = R_0 (1 + \alpha t), \quad (3)$$

где R_0 — сопротивление образца при температуре 0°C , α — температурный коэффициент сопротивления, t° — температура металла в градусах Цельсия.

Если вычислить производную от R по t° , получим

$$\frac{dR}{dt^\circ} = R_0 \alpha. \quad (4)$$

Известен геометрический смысл производной – производная равна тангенсу угла наклона φ к графику функции – прямой $R = f(t)$ (см. рис.2).

Следовательно

$$\operatorname{tg} \varphi = R_0 \alpha$$

откуда получаем расчетную формулу для температурного коэффициента сопротивления α

$$\alpha = \frac{1}{R_0} \operatorname{tg} \varphi \quad (5)$$

Идея работы. Если на опыте определить зависимость сопротивления R образца от температуры и изобразить результаты опыта на графике, то наклон прямой позволяет определить температурный коэффициент сопротивления α .

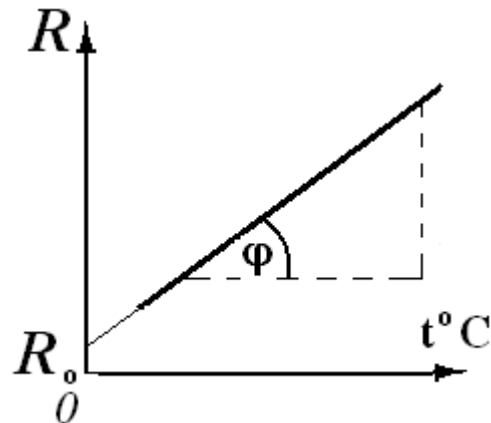


Рис. 2.

Описание установки.

Лабораторная установка состоит из электропечи с размещенными внутри нее исследуемыми образцами и измерительного устройства, соединенных кабелем (рис.3).

Электропечь служит для нагревания образцов, температура которых измеряется датчиком температуры. На передней панели электропечи находится окно, через которое видны образцы в печи. На этой же панели помещены выключатель «СЕТЬ» и переключатель образцов «ОБРАЗЕЦ». Положения переключателя: «1» – металл, «2» – сплав, «3» – полупроводник, «0» – вход закорочен.



На панели **измерительного устройства** расположены:

– жидкокристаллический индикатор (в верхней части – температуры в градусах Цельсия, t °C, в нижней – сопротивления в Ом, R Ohm), а также режимов работы (отображается в правом верхнем углу).

– кнопки «НАГРЕВ» и «ВЕНТ» – предназначены для включения и выключения (путем повторного

нажатия) электропечи и вентилятора. При включенной печи на индикаторе появляется надпись «WARM», при включенном вентиляторе – «COOL».

– кнопка «СТОП ИНД» – в работе **не используется**.

Порядок выполнения работы.

1. Подключают сетевые шнуры в сеть и включают установку выключателями «СЕТЬ» на задней панели устройства измерения и передней панели электропечи (выполняет преподаватель). Прогревают установку 3 – 5 минут. Переключатель «ОБРАЗЕЦ» ставят в положение «1».

Измерения начинают с комнатной температуры. Затем повышают температуру, для чего нажимают кнопку «НАГРЕВ». При этом на индикаторе появится надпись «WARM», а в печи засветится лампочка. Наблюдая за показаниями индикатора, через каждые 10°С записывают одновременные показания температуры и сопротивления и заносят их в таблицу.

2. Максимальное значение температуры нагрева 110°С. , Печь выключается повторным нажатием кнопки «НАГРЕВ» при температуре 100°С, за счет тепловой инерции печи произойдет нагрев до 110 °С.

3. Затем производят те же измерения при охлаждении в обратном порядке. Вентилятор для охлаждения включается кнопкой «ВЕНТ». При этом лампочка в печи должна погаснуть, и появляется надпись – «COOL». Снова через каждые 10°С, но при охлаждении записывают одновременные показания температуры и сопротивления и помещают их рядом с полученными при нагревании в таблице.

На этом эксперимент заканчивается. По окончании работы необходимо отключить питание установки выключателем «СЕТЬ».

4. Далее **приступают к расчету.** Выбирают масштаб и наносят точки на график зависимости R от $t^{\circ}\text{C}$. Проводят прямую линию, которая хорошо ложится на все точки. Продлевают график до пересечения с осью ординат. По координате точки пересечения определяют R_0 – сопротивление проводника при 0 °С.

5. Рассчитывают $\text{tg } \varphi$ – тангенс угла наклона прямой $R = R(t^{\circ})$. Для уравнения (10) тангенс угла наклона – величина размерная, его размерность – Ом/град.

6. Определяют температурный коэффициент сопротивления металла по формуле (5).

7. По построенному графику определяют сопротивление R проводника при 18 °С. Затем, используя длину проводника $l = 4,85$ м и его диаметр $d = 0,05$ мм, рассчитывают удельное сопротивление проводника ρ при $t^{\circ} = 18$ °С по формуле

$$\rho = \frac{RS}{l} = \frac{R_{18}\pi d^2}{4l}.$$

8. Получив значения α и ρ , по таблице определяют, из какого материала изготовлен исследуемый образец.

Таблица результатов опыта

NN п/п	$t, ^{\circ}\text{C}$	$R, \text{Ом}$		$R_0, \text{Ом}$	$\text{tg } \varphi,$ Ом/град	$\alpha, \text{град}^{-1}$	$\rho,$ нОм·м
		нагрев	охлаждение				
1	20						
2.	30						

Контрольные вопросы. 1. Какова природа электрического сопротивления? 2. Что называется удельным сопротивлением? Удельной электропроводностью? Какие у них единицы измерения? 3. Какова идея определения температурного коэффициента сопротивления металла в данной работе?

Литература

1. Кучерук І. М., Горбачук І.Т., Луцик П.П . Т.З. Оптика. Квантова фізика. К.; «Техніка», 2006, – 520 с.
2. Трофимова Т.И. Курс физики – М., «Академия», 2005, – 560 с.