



010803. Исследование электропроводности металлов.

Цель работы: Исследовать температурную зависимость электропроводности металлов. Рассчитать температурный коэффициент сопротивления.

Требуемое оборудование, входящее в состав модульного учебного комплекса МУК-ТТ1:

1. Блок амперметра-вольтметра АВ1	1 шт.
2. Блок генератора напряжений ГН4	1 шт.
3. Стенд с объектами исследования СЗ-ТТ01	1 шт.
4. Соединительные провода с наконечниками Ш4-Ш1.6	6 шт.

Краткое теоретическое введение

Металлы обычно определяются как вещества пластичные, с характерным блеском, хорошо проводящие электрический ток и теплоту.

Для электропроводности металлов типичны:

а) низкое значение удельного сопротивления при комнатной температуре (от сотых долей до единиц мкОм/м);

б) значительный рост сопротивления при повышении температуры, близкий к прямой пропорциональной сопротивлению уменьшается до очень малого значения, составляющего для наиболее чистых металлов 10^{-5} или даже меньшую долю сопротивления при комнатной температуре.

Электропроводность σ металлов зависит от концентрации свободных электронов n и их подвижности μ

$$\sigma = en\mu = \frac{e^2 n}{m} \cdot \bar{\tau}, \quad (1)$$

где e - заряд электрона;

m - масса носителей заряда;

$\bar{\tau}$ - среднее время свободного пробега носителей заряда.

Концентрация свободных электронов в металле составляет примерно $n \approx 10^{28} \text{ м}^{-3}$, т.е. того же порядка, что и число атомов в 1 м^3 . В проводимости принимают участие валентные электроны. Они обобществляются кристаллической решеткой металла при очень низких абсолютных температурах. Другие электроны очень прочно связаны с атомами и не становятся свободными даже при очень высоких температурах. Из этого следует, что концентрация носителей заряда в металлах не зависит от температуры. Среднее время свободного пробега носителей заряда при повышении температуры металлов уменьшается по закону $\bar{\tau} \sim \frac{1}{T}$, что объясняется рассеянием их на фононах. Сделанное утверждение не относится к области очень низких температур, при

которых основным становится рассеяние на примесях и других дефектах кристаллической решетки. Поскольку электропроводность обратнопропорциональна удельному электрическому сопротивлению вещества $\sigma = \frac{1}{\rho}$, то сопротивление металла R_l линейно растет с повышением его абсолютной температуры T_l по закону

$$R_l = R_0(1 + \alpha\Delta T), \quad (2)$$

где R_0 - сопротивление при некоторой условной температуре T_0 (обычно при 273К);
 $\Delta T=(T_l-T_0)$

α - температурный коэффициент сопротивления, показывающий относительное изменение величины сопротивления при изменении температуры на один градус.

$$\alpha = \frac{1}{R_0} \cdot \frac{\Delta R}{\Delta T}. \quad (3)$$

где $\Delta R=(R_l-R_0)$

Коэффициент α для металлов положителен, почти не меняется с температурой и мал по абсолютной величине по сравнению с α для полупроводников. В таблице 1 приведены значения температурных коэффициентов сопротивления для некоторых металлов.

Таблица 1

Металл	Медь	Вольфрам	Платина	Хром	Никель	Палладий	Серебро
$\alpha, \text{K}^{-1} \times 10^{-3}$	4,3	5,0	3,9	2,4	6,7	3,6	4,1

Заметим, что зависимость (2) нельзя экстраполировать до абсолютного нуля температур, при стремлении к которому сопротивление обычных металлов (не сверхпроводников) стремится к некоторой конечной величине, обусловленной наличием примесей и дефектов решетки.

Методика проведения эксперимента

В качестве металлического образца в стенде СЗ-ТТ01 установлен металлический терморезистор (платиновый тонкопленочный резистор). Для нахождения сопротивления терморезистора можно воспользоваться методом амперметра-вольтметра по закону Ома.

$$R = \frac{U}{I} \quad (4)$$

Для проведения измерений электрическая схема представлена на рис. 1. Т. к. измеряемое сопротивление R намного меньше внутреннего сопротивления вольтметра, то вольтметр подключен параллельно измеряемому сопротивлению.

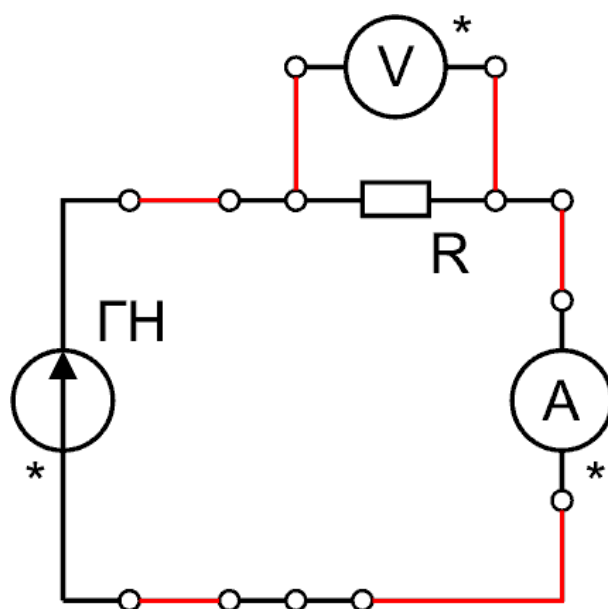


Рис. 1

Рекомендуемое задание

1. Снять ВАХ ($U=f(I)$) металлического образца при двух различных температурах образца. Рекомендуемые значения температуры $T=300\text{K}$ и $T=360\text{K}$. Рекомендуемый диапазон изменения тока $0 - 5\text{ mA}$. Построить графики.

2. Снять зависимость сопротивления металлического образца от температуры $R=f(T)$ при постоянном токе $I=const$. Рекомендуемое значение 1 mA . Т.к схема питается от генератора напряжения, то при нагреве образца ток может изменяться. По этому, необходимо перед измерением установить требуемое значение тока.

3. Рассчитайте по формуле 3 значение температурного коэффициента сопротивления α . По таблице 1 определите материал, из которого сделан терморезистор.

Примечание: Для быстрого охлаждения образца воспользуйтесь вентилятором.

Список используемых источников

1. Физика твердого тела: Методическое руководство к лабораторным работам №40-45 по физике. – Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2003. – 74 с.