



020101. Металлический терморезистор.

Цель работы: Исследовать свойства металлического терморезистора.

Требуемое оборудование, входящее в состав модульного учебного комплекса МУК-Ф0Э1:

1. Блок амперметра-вольтметра АВ1	1 шт.
2. Блок генератора напряжений ГНЗ	1 шт.
3. Стенд с объектами исследования СЗ-ТТ02	1 шт.
4. Соединительные провода с наконечниками Ш4-Ш1.6	6 шт.

Краткое теоретическое введение

Терморезисторы представляют собой двухполюсники, сопротивление которых зависит от температуры. В зависимости от материала, из которого они сделаны, различают металлические и полупроводниковые терморезисторы.

Сопротивление металла можно вычислить по следующей формуле:

$$R = \rho \frac{l}{S} = \frac{1}{\sigma} \frac{l}{S} \quad (1)$$

где ρ – удельное сопротивление металла
 l – длина проводника
 S – площадь поперечного сечения проводника
 σ – удельная электропроводность проводника.

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

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

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, то сопротивление металлического терморезистора R линейно растет с повышением его абсолютной температуры T по закону

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

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

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

$$\alpha = \frac{1}{R_0} \cdot \frac{\Delta R}{\Delta T}. \quad (4)$$

где $\Delta R=(R-R_0)$

Коэффициент α для металлов положителен, почти не меняется с температурой. В таблице 1 приведены значения температурных коэффициентов сопротивления для некоторых металлов.

Таблица 1

Металл	Медь	Вольфрам	Платина	Железо	Никель	Палладий	Серебро
$\alpha, K^{-1} \times 10^{-3}$	4,3	5.0	3,9	6,2	6,7	3,6	4,1

К материалам для изготовления металлических термосопротивлений предъявляются следующие требования:

1. Устойчивость к внешней среде.
2. Стабильность характеристик со временем.
3. Высокий температурный коэффициент электрического сопротивления. Это требование необходимо для обеспечения высокой чувствительности терморезистора.
3. Постоянство температурного коэффициента сопротивления в заданном диапазоне температур. Это требование необходимо для обеспечения линейной зависимости сопротивления от температуры.
4. Высокое значение удельного электрического сопротивления проводника. Это требование необходимо для изготовления терморезистора с большим сопротивлением при малых габаритных размерах.
5. Электрические свойства материала должны быть воспроизводимыми и позволяющими осуществлять взаимозаменяемость термометров.

Никель и железо, обладающие высокими температурными коэффициентами сопротивления, имеют ограниченное применение главным образом из-за трудности получения этих металлов достаточно свободными от примесей, чтобы обеспечить воспроизводимость их электрических свойств.

Наилучшим образом выше перечисленным требованиям отвечают платина и медь. Медь дешева, легко получается в чистом виде. Ее недостатки - низкое удельное электрическое сопротивление и легкая окисляемость, ограничивающая область измеряемых температур.

Наиболее подходящим материалом для изготовления датчиков термометров является платина. Она наиболее полно, за исключением стоимости, удовлетворяет выше перечисленным требованиям. Однако из-за большой стоимости она применяется для изготовления в основном образцовых и рабочих термометров, контролирующих температуру в ответственных технологических процессах. Для нее отклонение характеристики $R=f(T)$ от линейной не превышает 5% в интервале температур 0... + 500°C

Конструктивно металлический терморезистор может быть выполнен:

- в виде бифилярно намотанной на каркасе спирали из проволоки;
- по тонкопленочной технологии (напыление на поверхность подложки резистивного материала с последующим травлением).

Терморезисторы применяют в системах измерения и регулирования температуры, в противопожарной сигнализации, в системах теплового контроля и защиты машин и механизмов, в схемах температурной компенсации элементов электрических цепей (для термокомпенсированных кварцевых резонаторов и генераторов), в схемах стабилизации режимов работы транзисторных каскадов, в схемах измерения мощности, вакуума, скоростей движения жидкости и газов и др.

Методика проведения эксперимента

В стенде СЗ-ТТ02 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. В качестве источника применяется генератор тока, содержащийся в генераторе напряжений ГНЗ.

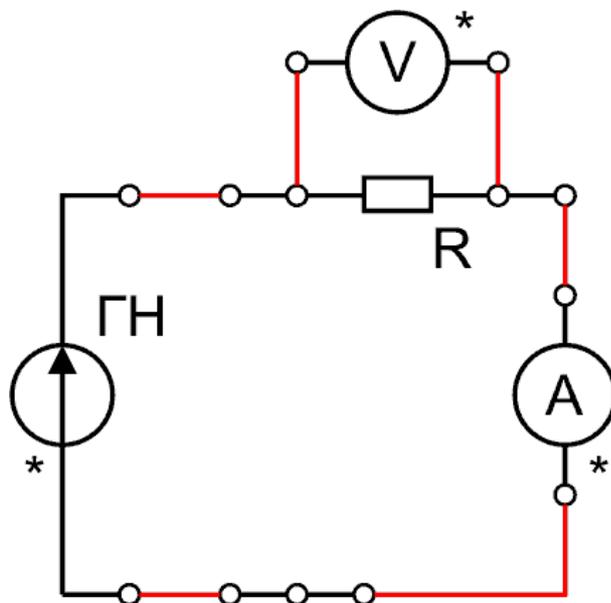


Рис. 1

Рекомендуемое задание

1. Снять ВАХ ($U=f(I)$) металлического терморезистора при двух различных температурах образца. Рекомендуемые значения температуры $T=300\text{K}$ и $T=360\text{K}$. Рекомендуемый диапазон изменения тока 0 – 5 мА. Построить графики.
2. Снять зависимость сопротивления металлического терморезистора от температуры $R=f(T)$ при постоянном токе $I=const$. Рекомендуемое значение 1 мА.
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.