

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4 Вивчення Електропровідності Металів

МЕТА: дослідити залежність опору металів від температури.

4.1 Теорія

Встановлена експериментальна залежність електричного опору металів від температури в діапазоні 100÷200 градусів біля кімнатної температури досить точно описується формулою

$$R_T = R_0(1 + \alpha \cdot T), \quad (6.1)$$

де R_0 – опір при 0°C , T – температура в $^\circ \text{C}$, α – температурний коефіцієнт опору (ТКО). Для більшості чистих металів α становить приблизно $4 \cdot 10^{-3} \text{град}^{-1}$.

Якщо взяти від (6.1) диференціал, то отримаємо:

$$dR_T = R_0 \alpha \cdot dT. \quad (6.2)$$

Звідси отримаємо визначення для температурного коефіцієнта опору:

$$\alpha = \frac{1}{R_0} \frac{dR}{dT}. \quad (6.3)$$

З (6.1) видно, що графічна залежність R_T від T повинна мати вид прямої лінії і це показано на рис. 6.1.

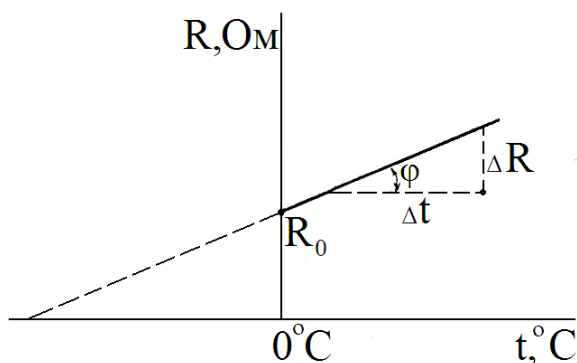


Рисунок 6.1

Величина $\alpha \cdot R_0$, буде кутовим коефіцієнтом цієї лінійної залежності, тобто

$$\alpha \cdot R_0 = \frac{\Delta R}{\Delta T}. \quad (6.4)$$

Чим більшим буде ΔR і ΔT , тим точніше визначимо αR_0 і відповідно, ТКО.

4.2 Завдання 1

- 1 Дослідити залежність опору мідного дроту від температури і визначити температурний коефіцієнт опору (α).
- 2 Порівняти довідкове значення α для міді з отриманим.
- 3 Визначити питомий опір міді.
- 4 Визначити систематичну похибку при вимірах температури.

Прилади і обладнання

1. Джерело постійного струму В-24М (чи інше).
2. Мідний дріт.
3. Вольтметри-амперметри М-2018 та М-2042.
4. Термопара.
5. Електрична пічка.
6. Провідники.

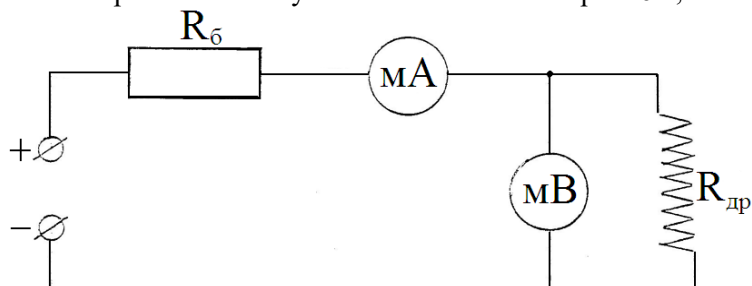
Порядок виконання роботи

Для вимірювання використовуємо вертикальну електричну пічку, в якій розміщуємо термопару ХК (хромель-копель) і невеличкий моток мідного дроту. Діаметр дроту $d \approx 0,1$ мм, а його довжина $l \approx 1,5$ м

Опір R мідного дроту визначаємо за допомогою закону Ома для ділянки кола: $R = U/I$.

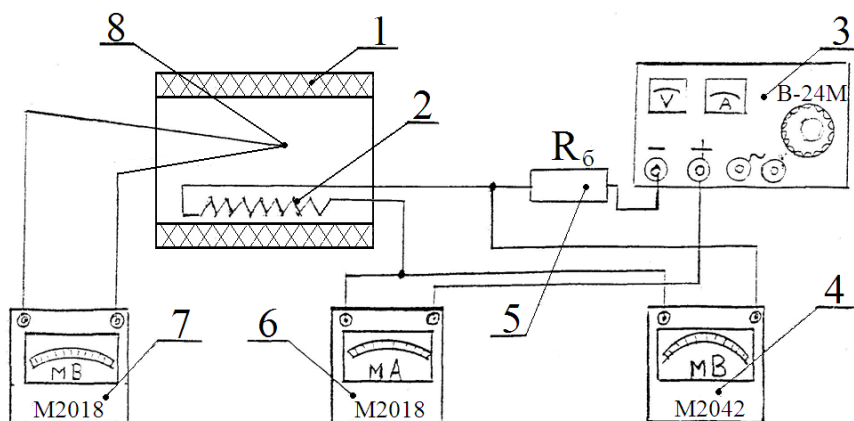
Напругу U на кінцях мідного дроту вимірюємо мілівольтметром, а силу струму I через мідний дріт – міліамперметром.

Електрична схема експериментальної установки показана на рис. 6.2, монтажана – на рис. 6.3.



“+ –” – джерело постійного струму (випрямач В-24 М); R_b – баластний опір (≈ 2500 Ом); (МА) – міліамперметр для вимірювання струму, що протікає через (МВ) і R_d (прилад М-2018, шкала $15 \text{ мА} = 7,5 \cdot 2 \text{ мА}$); (МВ) – мілівольтметр, який вимірює падіння напруги на мідному дроті R_d і на провідниках, що підходять до R_d (прилад М-2048, шкала $10 \mu\text{В}$). Використовуємо шкалу $10 \mu\text{В}$. Ця сама шкала являється шкалою мілівольметра на 63 мВ . Опір провідників, що з'єднують R_d з мілівольтметром становить $0,30$ Ом.

Рисунок 6.2



1 – електропіч (живлення 220В); 2 – досліджуваний мідний дріт; 3 – джерело постійного струму; 4 – мілівольтметр (шкала $10 \mu\text{В}$ і вона ж буде мілівольтметром на 63 мВ); 5 – $R_{\text{дод}}$ – додатковий опір ($\approx 2,5 \text{ кОм}$); 6 – міліамперметр (шкала $7,5 \text{ мА}$, множник – $2, 7,5 \cdot 2 = 15 \text{ мА}$); 7 – мілівольтметр для виміру ЕРС термопарі 8 (шкала 15 мВ , опір мілівольметра 21 Ом . Опір термопарі $\approx 1,5 \text{ Ом}$).

Рисунок 6.3

1. Робимо виміри при кімнатній температурі. Для цього вмикаємо джерело постійного струму в електричну мережу і за допомогою регулятора на джерелі виставляємо струм по міліамперметру 10 мА . Цей струм при подальших вимірах практично залишається сталим. Результати вимірів і обчислень заносимо до таблиці 6.1.

Таблиця 6.1

№ п/п	$T, \text{ мВ}$	$T, \text{ }^\circ\text{C}$ (вище кімна т.)	Напруга на R_d , мВ		Сила струму через R_d , мА		Опір R_d , Ом	α , 1/град
			нагрів	охоло	нагрів	охоло		
			.	д.	.	д.		

2. Вмикаємо електропіч і робимо виміри при температурах, коли ЕРС термопарі становить 1 мВ , 2 мВ ... до 7 мВ .

Увага! Нагрівати електропіч вище 7 мВ категорично забороняється.

3. Після цього електропіч вмикаємо і виміри повторюємо при охолодженні.

4. Знаходимо середнє арифметичне значення сили струму I та напруги U для кожної температури та використовуємо для розрахунку опору R_d мідного дроту. Завдяки тому, що опір мілівольтметра (21 Ом) не набагато більший від опору термопари (1,5 Ом), виникає систематична похибка при визначенні температури. Цю похибку необхідно обчислити в % і зробити висновок, яка буде дійсна температура в пічці.
5. Після обчислення опору мідного дроту R_d для різних температур необхідно побудувати графік залежності $R_d = f(T^\circ \text{C})$. Шкалу температур на графіку потрібно починати з 0°C (див. рис. 6.1).
6. За допомогою графіка визначити R_0 , $tg \varphi$ та за формулою (6.4) знайти α .
7. Порівняти отримане значення α з довідковим (для міді довідкове $\alpha=4,3 \cdot 10^{-3} \text{ 1/рад}$).
8. Обчислити питомий опір для міді, використовуючи формулу опору $R = \rho l/S$ де ρ – питомий опір, l – довжина провідника, S – площа поперечного перетину.
9. По отриманим результатам зробити висновки.

6.3 Завдання 2

- 1 Побудувати графік залежності опору мідного дроту від температури та визначити температурний коефіцієнт опору α для міді.
- 2 Визначити питомий опір ρ міді.

Прилади і обладнання

1. Цифровий мультиметр DT-838 з термопарою – 1 шт.
2. Цифровий мультиметр DT-830В – 1 шт.
3. Дротяна піч – досліджуваний зразок з міді ($l=12$ м, $d=0,27$ мм) – 1 шт.
4. Джерело постійного струму АС-DC з вихідною напругою 6 В – 1 шт.
5. З'єднувальні провідники.

Порядок виконання роботи

1. Зібрати робочу схему згідно з монтажною, рис. 6.4.
2. Розташувати у циліндричній порожнині дротяної печі спай термопари.
3. Виставити межі вимірювань на приладах: DT-838 (прилад 1) – „ТЕМП ° С” для вимірювання температури; DT-830В (прилад 2) – „2000 Ω ” для вимірювання опору мідного дроту.
4. Ввімкнути джерело постійного струму до мережі.
5. Після розігріву печі (досліджуваного зразка з міді) з термопарою при досягненні температури 85° С вимкнути джерело струму від мережі.
6. Починаючи з 80° С через кожні 5° С знімати значення показань омметра DT-830В (прилад 2) та заносити до табл. 6.2:

Таблиця 6.2

№, п/п	$t, ^\circ\text{C}$	$R, \text{Ом}$	$\alpha, 1/\text{рад}$	$\rho, \text{Ом}\cdot\text{м}$
1	80			
2	75			
...	...			
12	25			

7. За результатами експерименту побудувати графік залежності $R = f(t)$. Шкалу температур на графіку потрібно починати з 0° С (див. рис. 6.1).
8. З графіка визначити R_0 , $tg \varphi$ та за формулою (6.4) розрахувати α .
9. Порівняти отримане значення α з довідковим (для міді довідкове $\alpha=4,3\cdot 10^{-3}$ 1/рад).
10. Обчислити питомий опір міді, використовуючи формулу для опору $R = \rho \frac{l}{S}$, де ρ – питомий опір, l – довжина провідника, S – площа поперечного перетину.
11. По отриманим результатам зробити висновки.

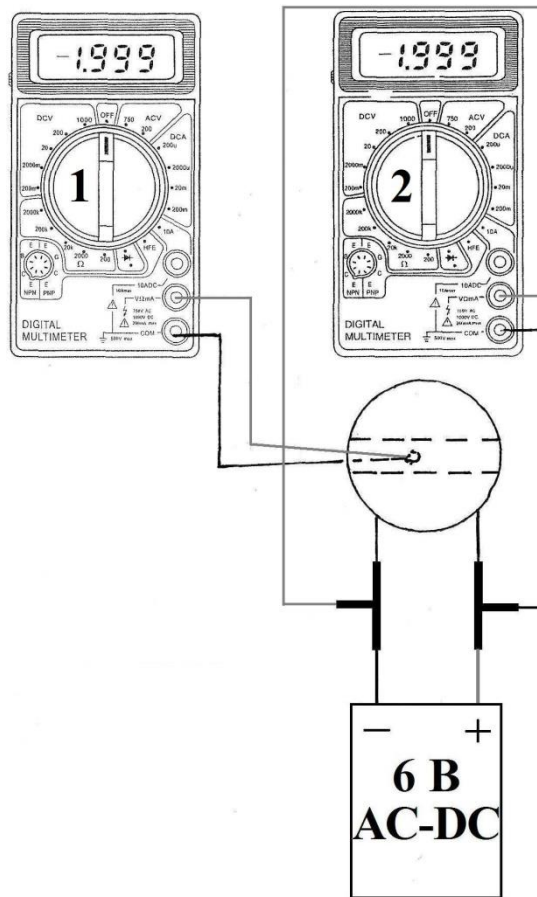


Рисунок 6.4.
Контрольні запитання

1. В чому різниця температурної залежності опору металів від напівпровідників?
2. Який параметр обумовлює температурну залежність електропровідності металів?
3. Що називають температурним коефіцієнтом опору?
4. Як впливає власний опір термопар на показання мілівольтметра?
5. З якої причини виміри опору мідного дроту в даній роботі виконуються при відносно малій величині струму?
6. Як впливає опір з'єднувальних провідників на величину ТКО?

Література

1. Говорун Т.П. Фізика конденсованого стану матеріалів / Т.П. Говорун, В.О. Пчелінцев, В.М. Радзівський, Л.В. Носонова. навч. посіб. - Суми: СумДУ, 2015. - 236 с.
2. Поплавко Ю. М. Фізичне матеріалознавство , Ч. 3. Провідники та магнетики. /Ю. М. Поплавко, С. О. Воронов, Ю. І. Якименко.. Навчальний посібник. К.: НТУУ «КПІ», 2011. - 372 с.
3. Подопрігора Н.В., Садовий М.І., Трифонова О.М.. Фізика твердого тіла / Н.В. Подопрігора, М.І. Садовий, О.М. Трифонова: навчальний посібник для студентів фізичних спеціальностей педагогічних університетів, – Кіровоград: ПП «Центр оперативної поліграфії «Авангард», 2014. – 416 с. Д
4. Кшнякин, В.С. Основи фізичного матеріалознавства [Електронний ресурс] / В.С. Кшнякин, А.С. Опанасюк, К.О. Дядюра. - Електронне вид. каф.: Електроніки і комп'ютерної техніки; ПМіТКМ. - Суми: СумДУ, 2015. - 466 с.