
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 2.15

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ МЕДИ И АЛЮМИНИЯ

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

1. Определить удельную электропроводность меди и алюминия и сравнить результаты.

2. БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Савельев И.В. Курс физики: Учеб. пособие для студентов вузов.- [В 3-х т.].- Т.2: Электричество и магнетизм. Волны. Оптика.- М.: Наука, 1989.- 496 с.

2. Трофимова Т.И. Курс физики: учеб. пособие для вузов / Т.И. Трофимова. - 19-е изд. - Академия, 2012. – 560 с.

3. Детлаф А.А., Яворский Б.М. Курс физики.- Академия, 2009. – 720 с.

3. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ВВЕДЕНИЕ

Удельная электропроводность материала — это величина, которая сильно зависит от вида материала. По определению, она является коэффициентом пропорциональности между плотностью тока и напряженностью электрического поля в исследуемом веществе. В металлах она определяется плотностью распределения и подвижностью электронов и зависит от температуры.

Из соотношения

$$(1) \mathbf{j} = \sigma \cdot \mathbf{E},$$

где j - плотность тока, E - напряженность электрического поля,

для длинного металлического проводника с площадью поперечного сечения A и длиной d следует соотношение между силой тока I в проводнике и падением напряжения U на участке d :

$$2) I = j \cdot A = A \cdot \sigma \cdot \frac{U}{d}.$$

Это соотношение используют в эксперименте для определения электропроводности металлических стержней в четырехпроводном измерении (Рис. 2). Для этого по двум подводящим проводам подводят ток I и измеряют результирующее падение напряжения U между двумя контактами, расположенными

на расстоянии d . Поскольку площадь поперечного сечения A известна, можно рассчитать σ .

○

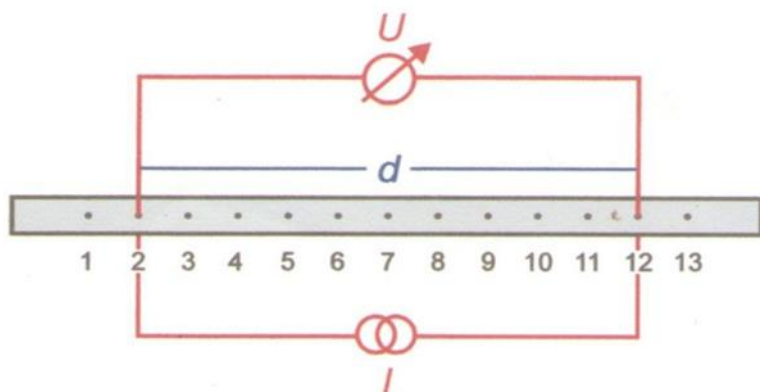


Рис.2: Схематическое изображение четырехпроводного измерения

4. ПРИБОРЫ И ПРИНАДЛЕЖНОСТИ

1. Теплопроводящий алюминиевый стержень.
2. Теплопроводящий медный стержень.
3. Блок питания пост. Тока 1- 32 В, 0-20А при 230 В или блок питания пост. Тока 1- 32 В, 0-20А при 115 В.
4. Микровольтметр при 230 В.
5. Микровольтметр при 115 В.
6. Цифровой мультиметр E.
7. Набор из 15 кабелей для экспериментов, 2,5 мм".

5. ОПИСАНИЕ УСТАНОВКИ

Теплопроводящий медный или алюминиевый стержень положить на изолирующую подложку. Выходной разъем «-», расположенный на задней стороне блока питания, соединить с боковым отверстием на уровне второй точки измерения в теплопроводящем стержне (Рис. 1, 2). Выходной разъем «+», расположенный на задней стороне блока питания, соединить с боковым отверстием на уровне двенадцатой точки измерения в теплопроводящем стержне. Между ними последовательно подключить цифровой

мультиметр для измерения тока. Вход микровольтметра замкнуть накоротко и установить показание прибора на ноль с помощью устройства коррекции смещения нуля постоянного тока. В ходе измерений следует регулярно проверять установку нуля. Два измерительных наконечника подключить к входным 4-мм предохранительным разъемам микровольтметра. На микровольтметре верхнюю граничную частоту с помощью поворотного регулятора «Е\Щег Н2 (фильтр Гц)» установить на «ОЕЕ (ВЫКЛ)» и выбрать диапазон измерений до 200 мкВ на постоянном токе.

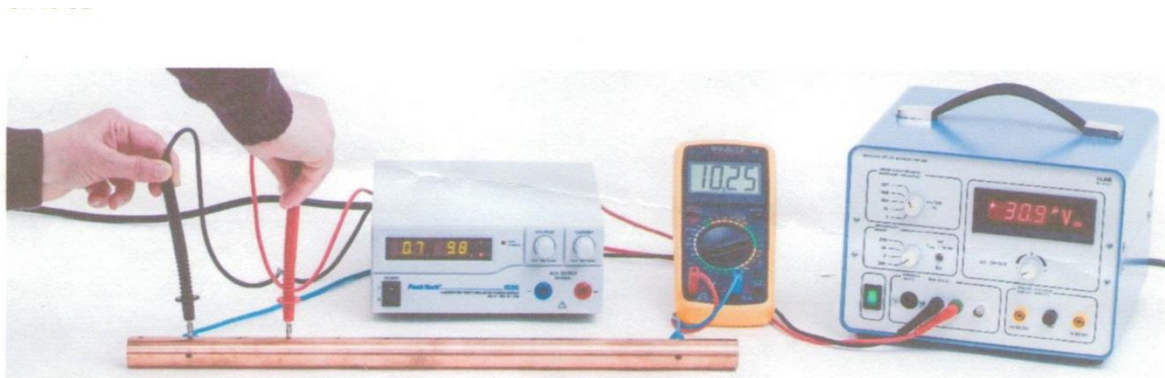


Рис. 1: Измерительная установка

6. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Примечания:

Соблюдать максимальную токовую нагрузку блока питания до 20 А. Термоэлектрические напряжения в точках измерения могут ограничить точность измерения. Относительное расстояние между соседними точками измерения равно $d_{n+1}-d_n = 4$ см, т.е.

$$d_{n+1}-d_n = K \cdot 4 \text{ см.}$$

Зависимость от расстояния:

- отрегулировать блок питания так, чтобы через теплопроводящий стержень протекал ток I , равный примерно 10 А. Считать показание с мультиметра и записать.

- обеспечить контакт второй точки измерения ($N = 2$) с измерительным наконечником, который подключен к разъему заземления микровольтметра.
- последовательно прикасаться вторым измерительным наконечником к точкам измерения со второй по двенадцатую, считать значения напряжения U с микровольтметра и занести в Таблицу 1.

Зависимость от силы тока:

- повышать силу тока на блоке питания от 1 А до 10 А с шагом 1 А. Считать показания с мультиметра и занести в Таблицу 2.
- на каждом этапе измерения измерять напряжение между второй и двенадцатой точками измерения ($d = 40$ см) с помощью измерительных наконечников (следить за полярностью), считывать показания с микровольтметра и заносить результаты в Таблицу 2.

7. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

Таб. 1: Результаты измерения напряжения в зависимости от расстояния между точками измерения, $I = 9,92$ А (медь) или 9,90 А (алюминий).

N	$D = d_n - d_2$	U/ мкВ	
		Медь	Алюминий
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			

Таб. 2: Результаты измерения напряжения в зависимости от силы тока, $d = 40$ см.

Медь		Алюминий	
I / А	U / мкВ	I / А	U / мкВ

Обработка результатов

Зависимость от расстояния:

- нанести на график измеренные значения напряжения U (Таб. 1) в зависимости от расстояния d для алюминиевого и медного теплопроводящих стержней (Рис. 3) и провести прямые через точки измерения.

Примечание:

Контактные напряжения между измерительными наконечниками и металлическим стержнем можно определить как смещение прямых относительно точки начала координат. Уклон полученных прямых согласно (2) равен

$$(3) \quad a = \frac{I}{A \cdot \sigma}.$$

Так как I и A известны, можно рассчитать удельную электропроводность:

$$(4) \quad \sigma = \frac{I}{A \cdot a} = \left\{ \begin{array}{l} \frac{9,92 A_{\text{См}}}{490_{\text{мм}^2} \cdot 3,53 \frac{\text{мкВ}}{\text{см}}} = 57 \cdot 10^6 \frac{1}{\text{м}} \text{ (Cu)} \\ \frac{9,92 A_{\text{См}}}{490_{\text{мм}^2} \cdot 9,53 \frac{\text{мкВ}}{\text{см}}} = 21 \cdot 10^6 \frac{1}{\text{м}} \text{ (Al)} \end{array} \right.$$

Зависимость от силы тока:

- измеренные значения напряжения U (Таб. 2) в зависимости от силы тока I для медного и алюминиевого теплопроводящих стержней нанести на график (Рис. 4) и провести прямые через точки измерения.

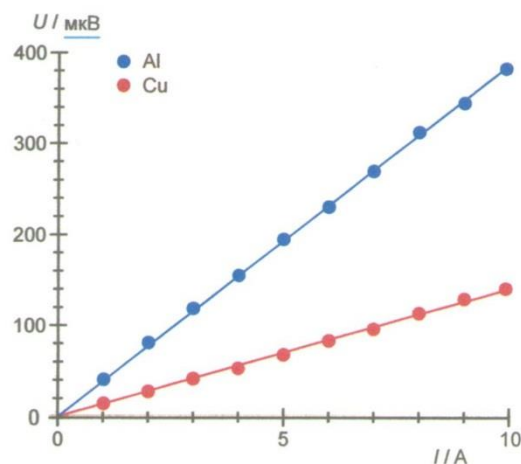
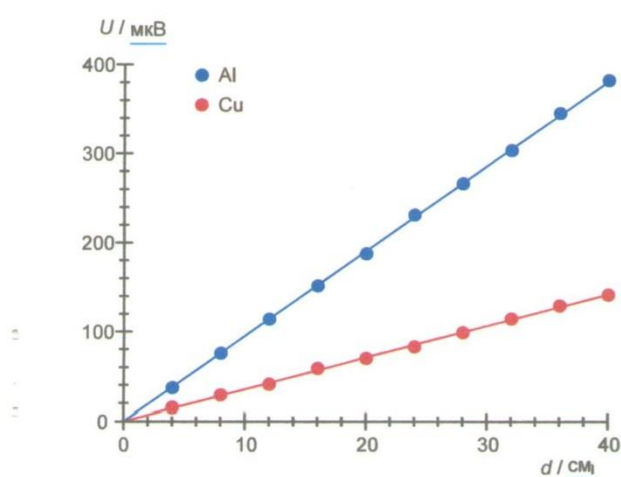


Рис.3: График $U-d$ для меди и алюминия Рис.4: График $U-I$ для меди и алюминия

Примечание:

Контактные напряжения между измерительными наконечниками и металлическим стержнем можно определить как смещение прямых относительно точки начала координат.

Рис. 4: График $U-I$ для меди и алюминия

Уклон полученных прямых согласно (2) равен

$$(5) \quad \beta = \frac{d}{A \cdot \sigma}.$$

Так как d и A известны, можно рассчитать удельную электропроводность:

$$(6) \quad \sigma = \frac{d}{A \cdot \beta} = \left\{ \begin{array}{l} \frac{40 \text{ см}}{490 \text{ мм}^2 \cdot 13,96 \frac{\text{мкВ}}{\text{А}}} = 58 \cdot 10^6 \frac{\text{См}}{\text{м}} (\text{Cu}) \\ \frac{40 \text{ см}}{490 \text{ мм}^2 \cdot 38,63 \frac{\text{мкВ}}{\text{А}}} = 21 \cdot 10^6 \frac{\text{См}}{\text{м}} (\text{Al}) \end{array} \right.$$

Результат измерения в случае меди очень хорошо соответствует приведенному в литературе значению для чистой меди $\sigma = 58 \cdot 10^6 \text{ См/м}$. Сравнение результата измерения, полученного для алюминия, с приведенным в литературе значением для чистого алюминия $\sigma = 37 \cdot 10^6 \text{ См/м}$ показывает, что использованный теплопроводящий стержень состоит не из чистого материала, а из алюминиевого сплава.

8. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое плотность электрического тока?
2. Как можно определить плотность тока? Единица измерения.
3. Чему равна удельная электропроводность? От каких величин она зависит?
4. Что такое удельное сопротивление проводника? От чего оно зависит?
5. Закон Ома в дифференциальной и интегральной форме.