

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Оренбургский государственный университет»

Индустринльно-педагогический колледж
Отделение технологии производства и промышленного оборудования

К. Г. ХАЛЕЛОВ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ УДЕЛЬНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ПРОВОДНИКОВ И ПОЛУПРОВОДНИКОВ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом
Государственного образовательного учреждения
высшего профессионального образования
«Оренбургский государственный университет»

Оренбург 2010

УДК 621.3.011.2 (07)
ББК 31.264.7 я 7
X 17

Рецензент
канд. техн. наук, доцент Н.Ю. Глинская

X 17 **Халелов, К. Г.**
**Определение зависимости удельного электрического
сопротивления проводников и полупроводников от
температуры: методические указания к лабораторной работе /
К.Г. Халелов. – Оренбург : ОГУ, 2010. - 13 с.**

Основное содержание – изучение определения зависимости величины удельного электрического сопротивления твердых проводников от изменения температуры с использованием стандартных методов.

Методические указания предназначены для выполнения лабораторных работ по дисциплине «Электротехника» для студентов специальностей 050501 – Профессиональное обучение, 160203 - Производство летательных аппаратов, 220301 - Автоматизация технологических процессов и производств, 230103 – Автоматизированные системы обработки информации и управления, 151001 – Технология машиностроения.

ББК 31.264.7 я 7
©Халелов К. Г., 2010
©ГОУ ОГУ, 2010

Содержание

Введение	4
1 Описание лабораторной работы	5
1.1 Задание, цель работы. Приборы, материалы	5
1.1.1 Задание	5
1.1.2 Цель работы	6
1.1.3 Приборы, материалы	6
1.2 Требования к образцам.....	6
1.3 Проведение испытаний и схемы измерений электрических сопротивлений проводников и полупроводников	7
2 Методы испытания	8
3 Правила техники безопасности при выполнении лабораторной работы.....	9
4 Контрольные вопросы	10
5 Отчет по лабораторной работе.....	11
Список использованных источников	11
Приложение А Сравнительные значения удельного электрического сопротивления различных материалов.....	12
Приложение Б Протокол проведения испытаний.....	13

Введение

Электрические свойства материалов обеспечивают им применение во всех областях техники:

- проводники используются в электрических цепях постоянного и переменного тока, а при малом переходном сопротивлении – для элементов сопротивления, нагревательных элементов в электрических печах и приборах, контактов и т.д.;

- полупроводники – для выпрямления, усиления, превращения разных видов энергии в электрическую и т.д.;

- диэлектрики – для изоляторов;

- сверхпроводниковые материалы (например, сплавы на основе ниобия) – в соленоидах, кабелях и магнитах огромной мощности, в магнитных насосах, в криогенных гироскопах.

Эксплуатация линий энергоснабжения, а так же электротехнических устройств происходит, как правило, в условиях существенного изменения температур. В связи с этим для электротехнических материалов огромное значение имеет не только величины их удельного электрического сопротивления, но и зависимости этой величины от температуры.

Методы определения удельного электрического сопротивления твердых материалов установлены государственными стандартами.

1 Описание лабораторной работы

1.1 Задание, цель работы. Приборы и материалы

1.1.1 Задание

Измерить размеры образцов не менее 3 раз на разных участках для получения среднего значения диаметра поперечного сечения.

Образец поместить в нагревательную камеру, установить контакты для подвода тока и измерения напряжения, подключить приборы для измерения температуры.

Включить источник постоянного тока, подать через образец ток такой силы, чтобы не допустить нагрева образца проходящим через него током.

Измерить падение напряжения на участке образца между контактами при исходной температуре (20 °С).

Включить нагревательную камеру и по мере повышения температуры образца регистрировать ее величину и соответствующие значения для проводников — падения напряжения, а для полупроводников — электрического сопротивления.

Результаты определения удельного электрического сопротивления материалов оформить в виде таблиц.

Рассчитать удельное электрическое сопротивление материалов:

- проводников — по формуле (1):

$$\rho = \frac{US}{Il}, \quad (1)$$

где U — падение напряжения на испытуемом участке образца, В;

I — сила постоянного тока, протекающего через образец, А;

S — площадь поперечного сечения образца, м²;

l — длина участка образца, на котором измеряют падение напряжения, м.

- полупроводников — по формуле (2):

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

где R — электрическое сопротивление образца, Ом.

По результатам испытаний построить графики изменения удельного электрического сопротивления материалов в зависимости от температуры.

1.1.2 Цель работы

Определение зависимости величины удельного электрического сопротивления твердых проводников и полупроводников от изменения температуры с использованием стандартных методов.

1.1.3 Приборы и материалы

Для проведения работы необходимо собрать 2 схемы:

- 1) схема измерения электрического сопротивления проводников включающая: источник постоянного тока; измеритель разности потенциалов; образец; питающие контакты; измерительные контакты; печь; термопара; милливольтметр (измеритель температуры);
- 2) схема измерения электрического сопротивления полупроводников включающая: образец; печь; термопара; милливольтметр (измеритель температуры); измеритель сопротивления.

Для измерения удельного электрического сопротивления вольфрамовых твердых сплавов контакты должны быть выполнены из твердого сплава 92 % WC + 8 % Co, а титановольфрамовых сплавов — из сплава 5 % TiC + 10 % Co + 80 % WC.

Прямое измерение электрического сопротивления полупроводниковых материалов осуществляют мега- или тераомметрами.

Для нагревания образцов используют нагревательные камеры с диапазоном температур от комнатной до 500 °С.

Температуру образцов в камерах измеряют с помощью термопар и милливольтметров с погрешностью ± 5 °С.

1.2 Требования к образцам

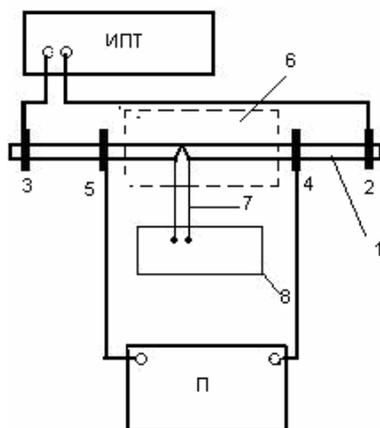
Образцы материалов со свойствами проводников должны иметь длину не менее 60 мм. Они могут быть круглого и прямоугольного поперечного сечения. Образец с круглым сечением должен иметь диаметр $6 \pm 0,2$ мм, размеры прямоугольного сечения — 6×8 мм с предельным отклонением $\pm 0,2$ мм.

Образцы полупроводниковых материалов должны иметь прямоугольное поперечное сечение 10×10 мм.

Допустимая шероховатость поверхности образцов — не более 1,5 мкм. На поверхности образца не должно быть видимых трещин или других дефектов строения.

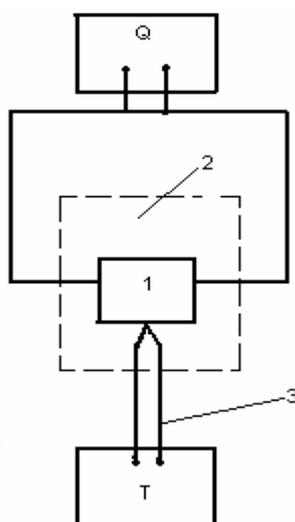
1.3 Проведение испытаний и схемы измерений электрических сопротивлений проводников и полупроводников

1.3.1 Схема измерения электрического сопротивления проводников приведена на рисунке 1



1 — образец; 2, 3 — питающие контакты; 4, 5 — измерительные контакты; 6 — печь; 7 — термопара; 8 — милливольтметр (измеритель температуры); ИПТ — источник постоянного тока; П — измеритель разности потенциалов.
Рисунок 1 - Схема измерения электрического сопротивления проводников

1.3.2 Схема измерения электрического сопротивления полупроводников приведена на рисунок 2



1 — образец; 2 — печь; 1 — термопара; Т — милливольтметр (измеритель температуры); Q — измеритель сопротивления
Рисунок 2 - Схема измерения электрического сопротивления полупроводников.

Конструкция устройств при установке образца, креплении контактов подвода тока и измерении напряжения обеспечивает:

- острую ножевую поверхность указанных контактов;
- плотное соприкосновение образца и контактов;
- минимальное переходное электрическое сопротивление при измерении напряжения между контактами и образцом;
- точность измерения расстояния между контактами.

2 Методы испытания

Удельное электросопротивление образца вычисляют по формуле (2). В практике электротехнических расчетов в качестве единицы измерения ρ применяются также Ом • см и Ом • мм²/м.

В зависимости от величины удельного электрического сопротивления ρ , Ом • м, различают:

- проводники — $< 10^{-3} \dots 10^{-5}$;
- полупроводники — около $10^{-6} \dots 10^7$;
- диэлектрики — порядка $10^7 \dots 10^{18}$.

Отличие проводников от полупроводников проявляется также в характере изменения величины их удельного электросопротивления при воздействии температурных полей. С повышением температуры электросопротивление проводников увеличивается, а полупроводников — уменьшается.

Удельное электрическое сопротивление для различных материалов приведено в приложении А.

В лабораторной работе определение удельного электрического сопротивления проводников осуществляется методом, заключающимся в пропускании через образец постоянного электрического тока и измерении падения напряжения на конкретном участке его длины. Для определения удельного электрического сопротивления полупроводникового материала с достаточно большим его значением применяется метод прямого измерения сопротивления образца.

Удельное электрическое сопротивление твердых материалов можно определить с помощью устройств, схемы которых изображены на рисунках 1 и 2.

Конструкция устройств при установке образца, креплении контактов подвода тока и измерении напряжения обеспечивает:

- острую ножевую поверхность указанных контактов;
- плотное соприкосновение образца и контактов;
- минимальное переходное электрическое сопротивление при измерении напряжения между контактами и образцом;
- точность измерения расстояния между контактами.

3 Правила техники безопасности при выполнении лабораторной работы

3.1. Вводный инструктаж проводят со всеми студентами перед началом лабораторных и практических работ в учебных лабораториях.

3.2. О проведении вводного инструктажа делают запись в журнале регистрации вводного инструктажа с обязательной подписью инструктируемого и инструктирующего.

3.3. Перед изучением новой темы при выполнении лабораторных работ на рабочем месте проводят первичный инструктаж.

3.4. Первичный инструктаж проводят с каждым учащимся или группой учащихся, занимающихся на однотипном оборудовании, в пределах общего рабочего места

3.5. Все работы в лаборатории могут производиться только с разрешения преподавателя, ведущего занятия, заведующего лабораторией или старшего лаборанта, работающего на данной установке.

3.6. В учебной лаборатории должны быть утвержденные инструкции по технике безопасности и пожарной безопасности, а также журналы инструктажа.

3.7. Конструкции и элементы лабораторного оборудования и аппаратуры, которые могут быть источником опасности, должны быть обозначены сигнальными цветами, а в опасных зонах помещения лаборатории установлены знаки безопасности

3.8. Размещение оборудования в помещении учебной лаборатории должно обеспечивать удобство и безопасность выполнения всех видов рабочей деятельности при проведении лабораторных работ.

3.9. Питание лабораторного электрооборудования должно осуществляться от сети напряжением не более 380 В при частоте 50 Гц. В электроустановках должны быть предусмотрены разделительный трансформатор и защитно-отключающее устройство.

3.10. При эксплуатации спец установок необходимо руководствоваться общими разделами Э1 и ЭП «Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей» (ПТБЭЭП), а также соответствующими специальными главами ПТЭ и ПТБ.

3.11. Проверка отсутствия напряжения до 1000 В производится указателем напряжения или переносным вольтметром; применение контрольных ламп допускается при линейном напряжении до 220 В включительно.

3.12. Сборка схем с открытыми токоведущими частями допускается на расстоянии не менее 0,8 м от водопроводных труб, раковин и прочих металлических заземленных конструкций.

3.13. Все металлические части, нормально не находящиеся под

напряжением, но которые могут оказаться под напряжением в случае повреждения изоляции, подлежат заземлению.

3.14. В электроустановках, где по условиям работы не может быть защитного заземления, должны предусматриваться другие защитные меры (изоляция от земли работающих посредством диэлектрических ковров, деревянных подставок на фарфоровых изоляторах и т.д.).

3.15. Включение напряжения производится только после проверки схемы руководителем работы; перед каждым включением напряжения включающий обязан предупредить всех работающих на установке.

3.16. Если в процессе работы электроустановки требуется неоднократно включать и отключать ее, то эти операции должны быть поручены только одному лицу, в аварийных случаях отключение установки может быть произведено любым из участников работы.

3.17. При работах на отключенной электроустановке должны быть отключены выключатели со стороны питания и на них повешены плакаты «НЕ ВКЛЮЧАТЬ - РАБОТАЮТ ЛЮДИ».

3.18. Перед началом работы все участники должны на месте подробно ознакомиться со схемой установки, обратив особое внимание на выключатели или рубильники со стороны питающей сети, и проверить отсутствие напряжения на участке работы.

3.19. Запрещается оставлять без надзора установки и схемы под напряжением.

3.20. В случае неисправности установки при аварии необходимо немедленно отключить напряжение и сообщить о происшедшем руководителю работ.

3.21. При поражении работающего электрическим током нужно немедленно отключить электропитание, чтобы освободить его от соприкосновения с токоведущими частями энергоустановки.

3.22. Если пострадавший находится в бессознательном состоянии, следует немедленно применить искусственное дыхание, вызвать врача.

4 Контрольные вопросы

4.1 В чем сущность методов измерения удельного электрического сопротивления проводников и полупроводников?

4.2 Дать характеристику испытательных приборов и устройств.

4.3 Какие требования предъявляются к образцам?

4.4 Как изменяется сопротивление проводниковых материалов в зависимости от температуры?

4.5 Какие проводниковые выбирают для изготовления контактов, зажимов, плавких стоек электрических предохранителей?

4.6 Как изменяется удельное электрическое сопротивление при нагревание медного проводника от 20 °С до 120 °С ?

4.7 Приведите примеры проводников и полупроводниковых материалов и укажите их область применения в электротехнике

5 Отчет по лабораторной работе «Определение зависимости удельного электрического сопротивления проводников и полупроводников от температуры»

В отчете должны быть изложены:

- 1) цель работы;
- 2) схема для измерения электрического сопротивления проводников;
- 3) схема для измерения электрического сопротивления полупроводников;
- 4) по результатам испытаний построить график изменения удельного электрического сопротивления в зависимости от температуры;
- 5) заполнить таблицы с результатами по измерению удельного электрического сопротивления проводников и полупроводников;
- 6) ответить на контрольные вопросы.

Список использованных источников

1 Электротехника: учебник для профессиональных учебных заведений/ А.Я Шахин[и др.]; под общей редакцию А.Я. Шахина . - 4 изд. – М.: Высшая школа , 2001. – 336 с.

2 **Данилов, И.А.** Общая электротехника с основами электроники: учебное пособие для студентов не электротехнических специальностей средних специальных учебных заведений/ И.А. Данилов, П.М. Иванов. – 5 изд. – М.: Высшая школа, 2004. – 752 с.

3 Электротехника и электроника: учебное пособие для вузов/ В.В. Кононенко [и др.] ; под ред. В.В. Кононенко. – 4-е изд. – Ростов – на – Дону: Феникс, 2008.- 778 с.: ил – (Высшее образование). – ISBN 978-5-222-12830-5.

4 Электротехника: учебник для вузов/ А.С. Касаткин, М.В. Немцов.- 10-е изд., стер. – М.: Академия, 2007. – 544 с – (Высшая профессиональное образование). – Пред. Указ.: 526-532. – ISBN 978-5-7695-3732-5.

5 Электротехника: учебник / И.И. Иванов, Г.И. Соловьев, В.С. Равдоник. – 4-е изд., стер. – СПб.: Лань,2006. – 496 с.: ил. – (Учебники для вузов. Специальная литература). - ISBN 5-8114-0523-5.

6 Электротехника и электроника: учебник / М.В. Гальперин. – М.: Форум: ИНФРА-М, 2007. – 480 с.- (Профессиональное образование). - ISBN 5-91134-091-7.

7 Электротехника с основами промышленной электроники: учебник для ПТУ / В.Е. Китаев.- 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1985. – 224 с.: ил.

Приложение А

(справочное)

Сравнительные значения удельного электрического сопротивления различных материалов

Таблица А.1 - Сравнительные значения удельного электрического сопротивления различных материалов

Наименование материала	Удельное электрическое сопротивление ρ , Ом*м	Наименование материала	Удельное электрическое сопротивление ρ , Ом*м
Проводники твердые			
Металлы ($\rho, 10^{-8}$)		Сплавы ($\rho, 10^{-6}$)	
Цинк	5,9	X27Ю5Т	1,37-1,47
Вольфрам	5,5	X23Ю5Т	1,34-1,45
Молибден	5,4	X23Ю5	1,30-1,40
Алюминий:		XН70ЮН	1,25-1,35
мягкий	2,95	X15Ю5	1,24 - 1,34
твердый	2,95	X15Н60-Н	1,07 - 1,18
провод	2,7	X20Н80-Н	1,07 - 1,18
Медь:		XН20ЮС	0,99 - 1,07
мягкая	1,72	Константан, МНМц-40-1,5	0,48
твердая	1,79-1,82	Никелин, МНМц-31-1	0,42
провод	1,78	Манганин, МНМц-3-П	0,43
Серебро	1,6	Латунь	0,26
Свинец	21	Сталь	0,15-0,07
Олово	12	Чугун серый	1,0
		Угольные щетки	40
Диэлектрики твердые			
Земля	10^2	Полихлорвинил	10^{13}
Мрамор	10^8	Слюда	10^{14}
Дерево сухое	10^9-10^{13}	Фарфор	10^{14}
Стекло	10^{11}	Бумага	10^{13}
Полиэтилен	$10^{10}-10^{13}$	Эбонит	10^{16}
Плексиглас	10^{13}	Янтарь	10^{18}
Диэлектрики жидкие			
Керосин	$10^{10}-10^{12}$	Вода дистиллированная	10^4

Приложение Б (обязательное)

Протокол проведения испытаний

Таблица Б.1 – Результаты определения удельного сопротивления проводников.

Материал (номер образца)	Размер образца		Темпе- ратура, К	Падение напряжения U , В	Сила тока I , А	Удельное сопротив- ление ρ , Ом*м
	Длина, l , м	Площадь поперечного сечения S , м ²				

Таблица Б.2 – Результаты определения удельного сопротивления полупроводников.

Материал (номер образца)	Размер образца		Темпе- ратура, К	Электрическое сопротивление R , Ом	Удельное сопротив- ление ρ , Ом*м
	Длина l , м	Площадь поперечного сечения S , м ²			