

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

Проводимость твердых диэлектриков

Цель работы

Освоение методики измерений на постоянном токе удельного объемного ρ и удельного поверхностного ρ_s сопротивлений твердых диэлектриков. Определение зависимостей ρ и ρ_s от температуры и напряжений

Домашнее задание

- 1) Изучите физические основы и характерные черты явления электропроводности твердых диэлектриков. Влияние различных факторов на электропроводность диэлектриков.
- 2) Ознакомьтесь со стандартными методами определения удельного объемного и удельного поверхностного сопротивлений на постоянном токе.
- 3) Ознакомьтесь с порядком проведения работы, обработкой полученных результатов и правилами оформления отчета о выполненной работе.

Общие положения

Отличительным свойством диэлектриков, используемым в электроизоляционной технике, является очень слабая способность проводить электрический ток.

Под действием приложенного постоянного напряжения через электрическую изоляцию протекает ток утечки, который состоит из объемного и поверхностного токов утечки. Объемный ток проходит через внутренние области изоляции и обусловлен величиной объемного сопротивления R_V . Поверхностный ток утечки проходит через поверхностные слои изоляции и обусловлен величиной поверхностного сопротивления изоляции R_s . Понятие поверхностного сопротивления вводят применительно к твердой изоляции, так как в результате внешних воздействия внешних загрязнений, например, влаги, электропроводность наружных слоев изоляции может быть значительно большей по сравнению с проводимостью внутренних областей.

Для оценки качества диэлектриков с точки зрения их способности препятствовать прохождению через них электрического тока пользуются такими характеристиками как удельное объемное сопротивление ρ_v и удельное поверхностное сопротивление ρ_s , которые являются величинами, обратными удельной объемной проводимости γ_v и удельной поверхностной проводимости γ_s .

При повышении температуры удельные сопротивления электроизоляционных материалов уменьшаются. У твердых диэлектриков это явление объясняется главным образом увеличением числа носителей заряда при нагревании. Для ограниченного интервала температур зависимость удельного объемного сопротивления от температуры достаточно точно выражается формулой

$$\rho_V(t) = \rho_V(0) \cdot e^{-\alpha \cdot t} \quad (1)$$

где $\rho_V(t)$ – удельное объемное сопротивление при температуре t °С;

$\rho_V(0)$ – удельное объемное сопротивление при температуре 0 °С;

α – коэффициент, зависящий от природы материала, характеризующий скорость снижения сопротивления диэлектрика с ростом температуры.

Сопротивление диэлектриков в ряде случаев зависит также от величины приложенного напряжения, уменьшаясь при его возрастании. Эта зависимость обнаруживается при неплотном прилегании электродов к поверхности изоляции. Она также наблюдается у пористых материалов в результате перераспределения влаги в капиллярах под действием приложенного напряжения, а также в случае образования объемных зарядов в диэлектрике, создающих электродвижущую силу высоковольтной поляризации. Следует отметить, что здесь подразумеваются такие напряжения, значения которых далеки от пробивного напряжения изоляции.

Описание лабораторной установки

Определение удельного объемного и удельного поверхностного сопротивлений производится обычно на одном и том же испытуемом образце ИО, на котором располагаются высоковольтный ВЭ, измерительный ИЭ и охранный ОЭ электроды (рис 1.1 а и б).

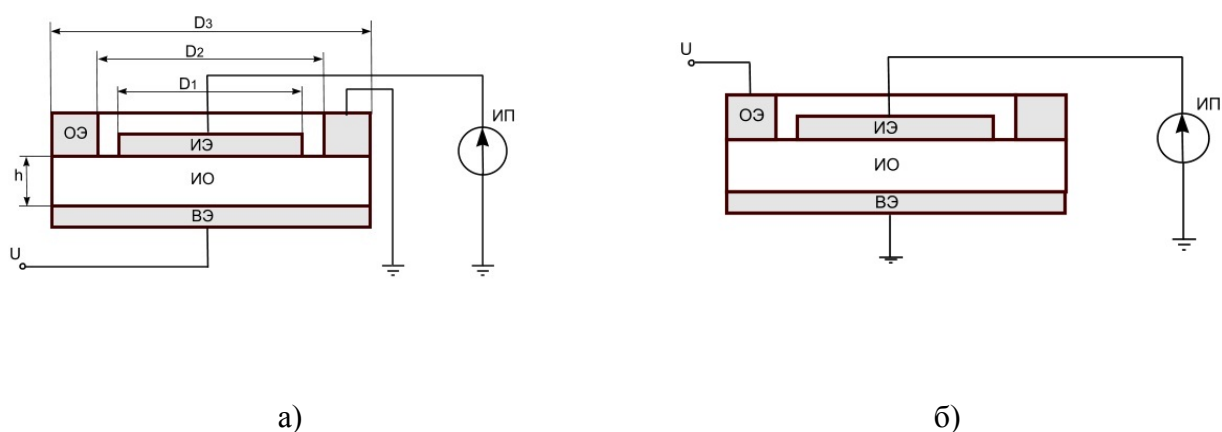


Рис. 1. Схема измерения объемного R_v (а) и поверхностного R_s (б) сопротивлений образца

При измерении объемного сопротивления образца высокое напряжение U подается к ВЭ. Ток протекает через объем диэлектрика между ВЭ и ИЭ. Электрод ОЭ заземлен. Поэтому ток, протекающий по поверхности образца, отводится на землю и не измеряется измерительным прибором. Заземление ОЭ обеспечивает выравнивание электрического поля у краев электродов. Для учета неоднородности поля принимается, что ток протекает через поперечное сечение диаметром D_0 , равное

$$D_0 = \frac{D_1 + D_2}{2}. \quad (2)$$

Удельное объемное сопротивление ρ (Ом.м) связано с сопротивлением R_v , геометрическими размерами электродов D_1 , D_2 (м) и толщиной образца h (м) и рассчитывается по формуле

$$\rho = R_v \cdot \frac{\pi \cdot (D_1 + D_2)^2}{16 \cdot h}. \quad (3)$$

При измерении поверхностного сопротивления напряжение подается на электрод ОЭ. Электрод ВЭ заземлен, поэтому объемный ток, протекающий через образец, отводится на землю и не измеряется измерительным прибором. Считается, что ток протекает по пути длиной l (м), равном

$$l = \frac{D_2 - D_1}{2} \quad (4)$$

и «сечением» S_n

$$S_n = \frac{\pi \cdot (D_1 + D_2)}{2} \quad (5)$$

Удельное поверхностное сопротивление ρ_s (Ом) связано с геометрическими размерами электродов D_1 , D_2 (мм) и поверхностным сопротивлением R_s (м) и рассчитывается по формуле

$$\rho_s = R_s \cdot \frac{\pi \cdot (D_1 + D_2)}{D_2 - D_1} \quad (6)$$

Виртуальная лабораторная работа состоит из вкладки «Задание» (рис. 2), на которой размещается информация об образцах и условиях проведения эксперимента и вкладок виртуальных стендов с виртуальными приборами (рис. 3).

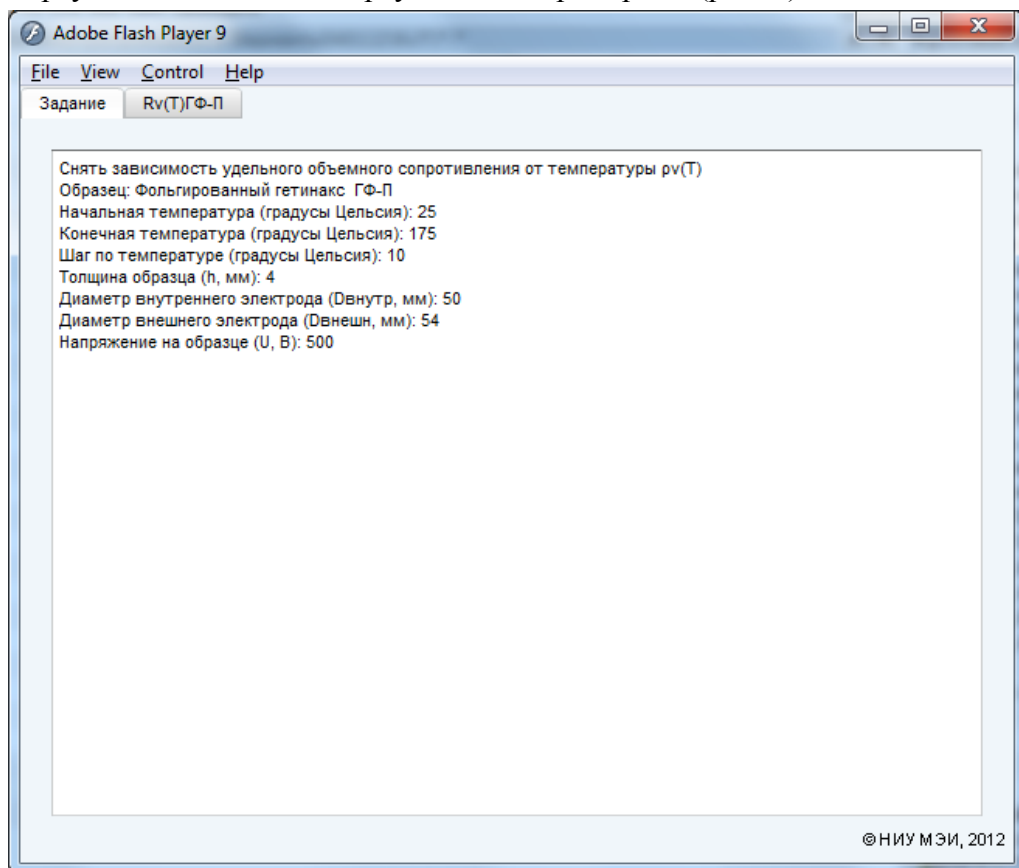


Рис. 2. Вкладка «Задание» виртуальной лабораторной работы (зависимость удельного объемного сопротивления от напряжения)

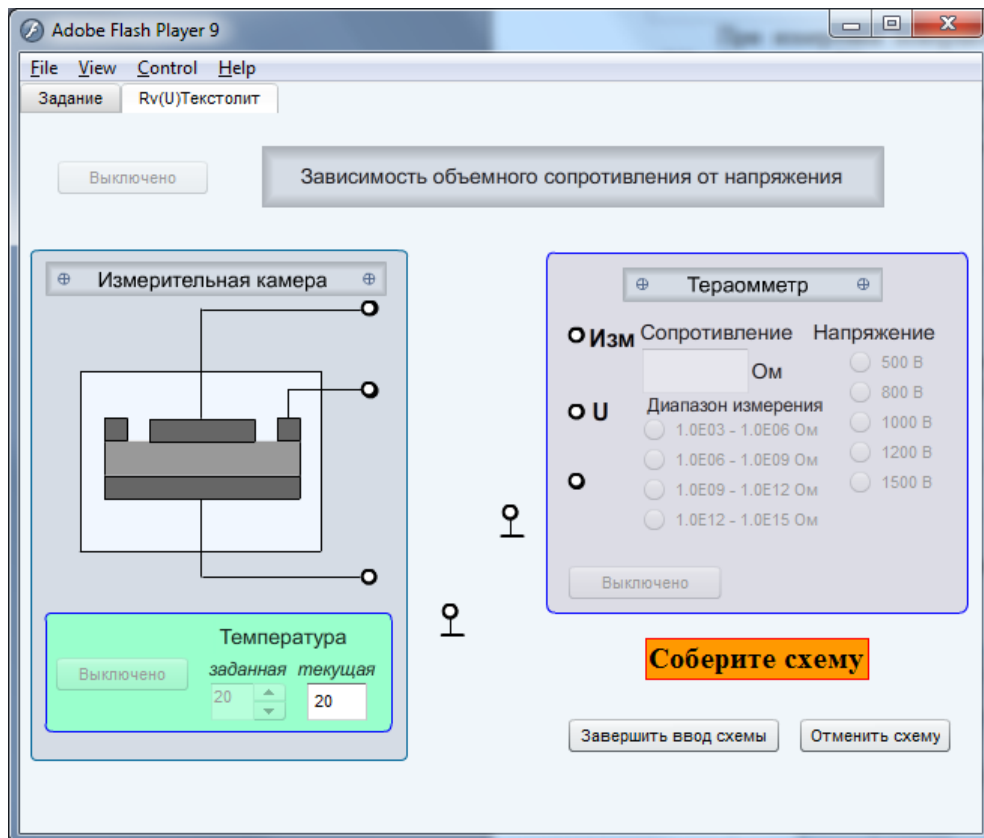


Рис. 3. Виртуальный лабораторный стенд для измерения зависимости объемного сопротивления от напряжения

Виртуальный лабораторный стенд включает в себя: термостат и испытуемым образцом, тераомметр с регулируемым источником напряжения и переключателем диапазонов измеряемых сопротивлений, клеммы для создания электрических соединений.

Стенд, термостат и тераомметр имеют кнопки включения. Для выполнения измерений необходимо собрать схему соединений. Соединения осуществляются с помощью мыши перетаскиванием контактов. Позиционируем указатель мыши на первый контакт соединения, кликаем левую кнопку мыши и удерживаем ее, протаскиваем указатель мыши на второй контакт соединения, отпускаем левую кнопку. В случае правильного соединения появляется электрическое соединение. Для завершения сборки схемы необходимо нажать кнопку «Завершить ввод схемы». Если схема собрана неправильно, то появляется сообщение «Схема собрана неправильно», необходимо отменить собранную схему и повторить процедуру сборки вновь. После того, как собрана схема следует включить лабораторный стенд, тераомметр и термостат (при измерении температурных зависимостей), следует также установить диапазон измерения сопротивлений для корректного отображения значения сопротивления. Если измеряемое значение не попадает в заданный диапазон, то на виртуальном дисплее отображается X.XXXE+XX (рис. 4).

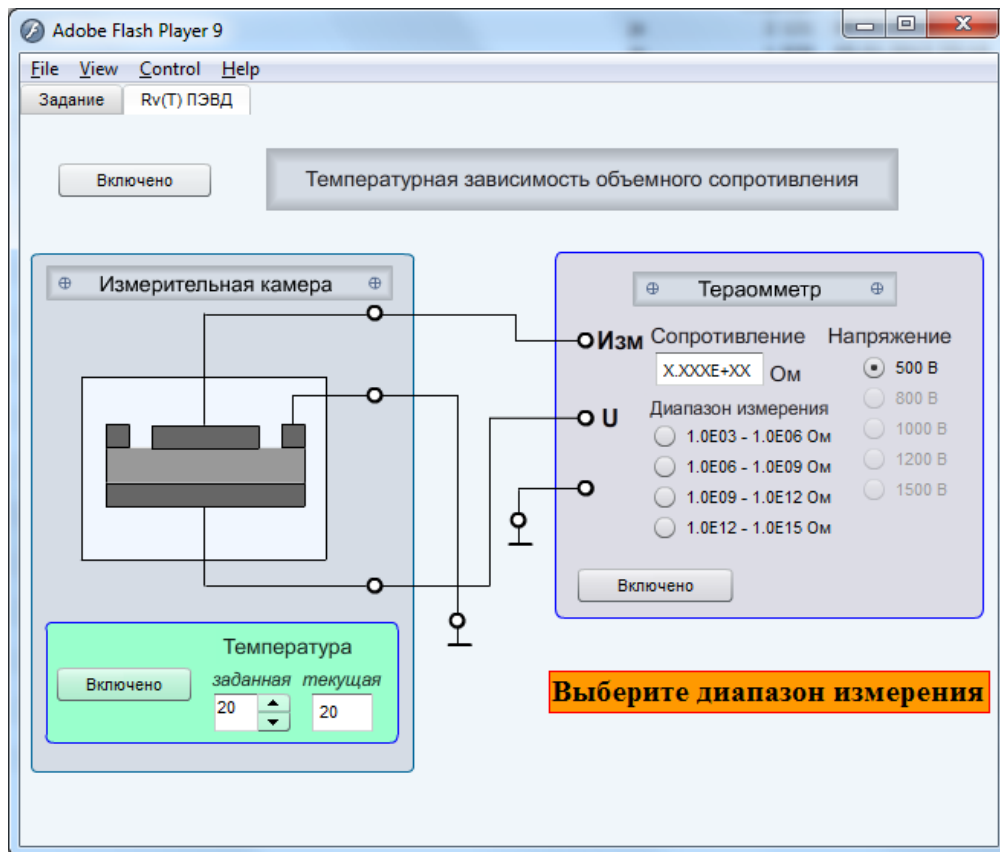


Рис. 4. Виртуальный лабораторный стенд подготовлен для проведения измерений зависимости объемного сопротивления от температуры

Термостат имеет два дисплея, в одном отображается температура, задаваемая пользователем, в другом – текущая температура в измерительной камере с образцом. Температура задается с помощью клика мышью на элементы управления, отображаемые в виде треугольников. При однократном нажатии на верхний треугольник заданная температура возрастает на один градус, при нажатии на нижний треугольник – соответственно температура уменьшается на один градус. Температуру можно задавать также и с клавиатуры, предварительно кликнув на окне «Заданная температура». При этом после завершения ввода следует нажать клавишу «Enter».

Рабочее задание и порядок проведения работы

Лабораторная работа проводится по следующей схеме:

1. Авторизоваться на учебно-методическом комплексе «Виртуальные лабораторные работы по курсу ЭТМ» (<http://etm.mpei.ru>). Загрузить виртуальную лабораторную работу «Проводимость твердых диэлектриков». Получить от преподавателя и ознакомиться с заданием. Данный пункт подразумевает, что обучаемый должен перейти к вкладке «Задание» на виртуальном лабораторном стенде и ознакомиться с выданным для выполнения заданием.
2. Собрать схему, перетаскивая соответствующие клеммы на виртуальном стенде. Вы должны собрать схему и подтвердить ее ввод, нажав кнопку «Завершить ввод схемы». Если Вы ошиблись и хотите повторить ввод, то нажмите кнопку «Отменить ввод». Помните, что до тех пор, пока Вы правильно не соберете схему кнопка включения стенда будет заблокирована, и Вы не сможете приступить к измерениям. После сборки схемы необходимо включить стенд,

источник постоянного напряжения, цифровой тераоометр. Необходимо правильно выбрать диапазон измерения. Для измерения температурной зависимости объемного сопротивления необходимо включить термостат. Обучаемый должен правильно собрать схему, нажать кнопку «Включить» стенда (единственную доступную в начале работы), после этого включить приборы, задействованные для текущего измерения.

3. Снять зависимость удельного объемного сопротивления от температуры для материала, диапазона и шага изменения по температуре, указанных в задании. Для расчета удельных объемных сопротивлений воспользоваться соотношениями (3). По найденным значениям построить линеаризованную зависимость $\ln[\rho(T)]$ рассчитать значения ρ_0 и α , которые входят в уравнение (1).
4. Снять зависимости удельного объемного и удельного поверхностного сопротивлений от напряжения для материалов, диапазона и шага изменения по напряжению, указанных в задании. Для расчета удельных объемного и поверхностного сопротивлений воспользоваться соотношениями (2) и (6). Построить графики указанных зависимостей от напряжения.
5. Сделать письменные выводы по проделанной работе. Подготовить отчет по проделанной работе в соответствии с установленными требованиями. Отчет должен включать в себя:
 - титульный лист с наименованием лабораторной работы, названием кафедры, Ф.И.О. студента и преподавателя;
 - конкретное задание;
 - основные формулы и соотношения, по которым проводился расчет;
 - таблицы (протоколы) с результатами экспериментов;
 - графики, выполненные в соответствии с требованиями преподавателя;
 - краткие письменные выводы, объясняющие соответствие (или несоответствие) полученных зависимостей теоретическим.

Графические зависимости оформляются с помощью средств построения графиков Excel, либо с помощью любых других программ построения графиков.

Контрольные вопросы

1. Чем вызвана электропроводность диэлектриков? Что является носителями заряда в твердых диэлектриках? В чем состоит природа сквозного тока (тока утечки), тока смещения, тока абсорбции? Что такое удельное поверхностное и удельное объемное сопротивление?
2. Какой общей закономерности подчиняется изменение удельного сопротивления диэлектриков от температуры?.
3. От каких факторов зависит удельное поверхностное сопротивление диэлектриков?
4. В чем состоит методика измерений удельного объемного и удельного поверхностного сопротивлений?
5. Что представляют собой гетинакс, стеклотекстолит, асбестоцемент, лакоткань, почему величины удельного объемного и удельного поверхностного сопротивлений таких материалов различаются?

Литература

1. Серебряков А.С. Электротехническое материаловедение. Электроизоляционные материалы. Изд-во: Маршрут, 2005, 356 с.
2. Пасынков В.В., Сорокин В.С. Материалы электронной техники. Учебник. Лань, 2001, 185 с.
3. Конструкционные и электротехнические материалы / под ред. В.А.Филикова. М.:Высшая школа, 1990, 294 с.
4. Электронные учебники по курсу «Электротехническое материаловедение». НИУ МЭИ, <http://ftemk.mpei.ac.ru/ctlw/LocalContent.aspx?id=etmTut>
5. Бородулин В.Н., К.В.Елизаров К.В., Сутченков А.А., Тихонов А.И. Методические указания по курсу Электротехническое материаловедение. Под ред А.И. Тихонова; М.: Изд-во МЭИ, 1997. 32с. Электронное учебное пособие.
6. Бородулин В.Н., К.В.Елизаров К.В., Сутченков А.А., Тихонов А.И. Задачи компьютерного учебно-контролирующего комплекса. Учебное пособие по курсу Электротехническое Материаловедение. М.: Изд-во МЭИ, 1999. 42с. Электронное учебное пособие.