**Задание для обучающихся**

**с применением дистанционных образовательных технологий**

**и электронного обучения**

Дата: 28 октября 2020г.

Группа: Э-19

Учебная дисциплина: Материаловедение

Тема занятия: Электропроводность газообразных, жидких и твердых диэлектриков

Форма: лекция

**Содержание занятия:**

1. Изучение теоретического материала
2. Составление конспекта

**Теоретический материал**

Все диэлектрические материалы под воздействием постоянного напряжения пропускают некоторый незначительный ток, называемый током утечки. Чем выше удельное сопротивление материала r, тем выше качество электроизоляционного материала. Электропроводность диэлектриков имеет ряд характерных особенностей.

Во-первых, ввиду очень большого удельного сопротивления диэлектрика, ток через объем участка изоляции - объемный сквозной ток IV - очень мал и сравнимым с ним оказывается ток по поверхности - поверхностный сквозной ток IS. Поэтому необходимо учитывать наряду с объемным и поверхностный ток, полагая общий ток участка изоляции равным:

https://siblec.ru/img/14/img/Image7.gif. (1.3)

Следовательно проводимость G = I / U складывается из проводимостей ***объемной*** G = IV / U и ***поверхностной*** G = IS / U:

https://siblec.ru/img/14/img/Image8.gif. (1.4)

Величины обратные указанным проводимостям, называют сопротивлениями участка изоляции - объемным RV и поверхностным RS. Общее сопротивление изоляции определяют как результирующее двух параллельно включенных сопротивлений:

https://siblec.ru/img/14/img/Image9.gif. (1.5)

Под удельным сопротивлением диэлектрика ρ обычно понимают удельное объемное сопротивление, а для характеристики RS вводят понятие удельного поверхностного сопротивления r S.

Второй характерной особенностью электропроводности диэлектриков является постепенное спадание тока со временем после подключения постоянного напряжения. В начальный промежуток времени в цепи протекает быстро спадающий ток смещения Iсм, плотность которого Jсм = ∂D /∂t. Этот ток прекращается за время порядка постоянной времени RC схемы источник — образец, которое обычно мало. Однако ток продолжает изменяться и после этогочасто в течение минут и даже часов. Медленно меняющуюся составляющую тока, обусловленную перераспределением свободных зарядов в объеме диэлектрика, называют током ***абсорбции*** Iабс.

Ток абсорбции связан с поглощением носителей заряда объемом диэлектрика: часть носителей заряда встречает на своем пути дефекты решетки, захватывающие и удерживающие носители. Со временем, когда все дефекты заполнятся носителями, ток абсорбции прекращается и остается только не изменяющийся во времени сквозной ток Iскв, который обусловлен прохождением носителей заряда от одного электрода до другого и равен сумме объемного и поверхностного сквозных токов:

https://siblec.ru/img/14/img/Image10.gif(1.6)

Ток абсорбции приводит к накоплению носителей заряда в определенных местах диэлектрика - дефектах решетки, границах раздела, неоднородностях. Вследствие появления объемных зарядов распределение напряженности поля в диэлектрике становится неоднородным.

### 

### 1Электропроводность твердых диэлектриков

Электропроводность твердых диэлектриков чаще всего носит не электронный а ионный характер. Это связано с тем, что ширина запрещенной зоны в диэлектриках D W >> kT и лишь ничтожное количество электронов может отрываться от своих атомов за счет теплового движения. Ионы же часто оказываются слабо связанными в узлах решетки, и энергия W, необходимая для их срыва, сравнима с kT. Поэтому, несмотря на меньшую подвижность ионов по сравнению с подвижностью электронов, ионная проводимость оказывается больше электронной за счет большей концентрации свободных ионов:

https://siblec.ru/img/14/img/Image11.gif(1.7)

Носителями заряда в диэлектриках обычно оказываются ионы малых размеров, подвижность которых выше.

Удельная электрическая проводимость твердых диэлектриков, как и полупроводников, растет с ростом температуры по экспоненциальному закону:

https://siblec.ru/img/14/img/Image12.gif. (1.8)

Однако зависимость g (Т) часто обусловлена не экспоненциальным ростом концентрации носителей, как в полупроводниках, а ростом подвижности.

Обычно в диэлектрике имеется несколько видов носителей заряда. Например, кроме ионов основного вещества могут иметься слабо связанные ионы примесей. В этом случае удельная проводимость складывается из ***собственной*** и ***примесной***.

Ионная электропроводность сопровождается переносом вещества: положительные ионы движутся к катоду, а отрицательные к аноду. Электролиз особенно ярко выражен при повышенных температурах, когда r мало, и приложении высоких постоянных напряжений. По выделившемуся на электродах веществу можно определить характер носителей заряда. У диэлектриков с чисто ионным характером электропроводности строго выполняется закон Фарадея пропорциональности между количеством пропущенного электричества и количеством выделившихся веществ.

Некоторые диэлектрики обладают электронной или дырочной электропроводностью. Однако носителями часто являются электроны не основного вещества, а примесей и дефектов.

В кристаллах удельное сопротивление зависит от направления. Вдоль оптической оси оно ниже, чем поперек этой оси.

### 

### 2 Электропроводность жидкостей

Электропроводность жидкостей обусловлена ионами, образующимися при диссоциации молекул самой жидкости или ее примесей. В связи с увеличением энергии хаотического теплового движения молекул степень ионизации и концентрация ионов растет с повышением температуры по экспоненциальному закону:

https://siblec.ru/img/14/img/Image13.gif, (1.9)

где W- энергия диссоциации. Отсюда удельная проводимость:

https://siblec.ru/img/14/img/Image14.gif. (1.10)

Здесь μ+ и μ– - подвижности положительных и отрицательных ионов; q - заряд иона; n и А — константы.

Диссоциация молекул легче происходит в полярных жидкостях, чем в неполярных. Ввиду того, что энергия диссоциации полярных жидкостей значительно меньше, чем неполярных, их удельная проводимость существенно выше. Так, для сильно полярных жидкостей (дистиллированная вода, этиловый спирт) r = 103 - 105, для слабо полярных (касторовое масло) r = 108 - 1010, для неполярных (бензол, трансформаторное масло) r > 1010 - 1013 Ом× м. В неполярных жидкостях молекулы основного вещества практически не диссоциируют на ионы, и их электропроводность обусловлена примесями, особенно полярных веществ.

В жидкостях с примесями иногда наблюдается  ***молионная*** электропроводность, характерная для коллоидных систем, которые представляют собой тесную смесь двух веществ (фаз), причем одна фаза в виде мелких частиц равномерно взвешена в другой. Наиболее часто встречаются в электроизоляционной технике эмульсии и суспензии. Стабильность эмульсий и суспензий объясняется наличием на поверхности частиц дисперсной фазы электрических зарядов. Такие заряженные частицы дисперсной фазы и называют молионами. При наложении на коллоидную систему электрического поля молионы приходят в движение, что выражается в виде электрофореза.

### 

### 3 Электропроводность газов

Электропроводность газов обусловлена наличием в них некоторого количества заряженных частиц. В нормальных условиях число заряженных частиц в 1 м3 воздуха не превышает нескольких десятков миллионов.

Происхождение носителей заряда в газах объясняется различными факторами: радиоактивным излучением Земли; радиацией, проникающей из космического пространства; излучением Солнца; иногда тепловым движением молекул и т. п. При поглощении энергии бомбардирующей частицы молекула газа теряет электрон и превращается в положительный ион. Высвобождаемый при этом электрон "прилипает" к нейтральной молекуле, образуя отрицательный ион.

Заряженные ионы, так же как и окружающие их не имеющие электрического заряда молекулы газа, совершают беспорядочные тепловые движения, и вследствие диффузии происходит выравнивание концентрации ионов в газе. При встрече положительных и отрицательных ионов происходит их рекомбинация.

В стационарном случае, когда число ионов не изменяется с течением времени, между процессами генерации и рекомбинации устанавливается динамическое равновесие при котором число положительных ионов в газе равно числу отрицательных ионов N+ = N–, а число рекомбинирующих ионовпостоянно Nр = a N+ N–, где a - коэффициент рекомбинации ионов газа [м3/с].

При наложении внешнего электрического поля положительные и отрицательные ионы, преодолевая сопротивление трения газа, будут двигаться между электродами со скоростями u + = m +E и u – = m –E, где m + и m – - подвижности положительного и отрицательного ионов.

Если напряженность поля Е очень мала, так что протекающий ток не меняет концентрации ионов в газе, плотность тока

https://siblec.ru/img/14/img/Image15.gif. (1.11)

Принимая во внимание, что J = g Е, получаем выражение для удельной проводимости газа:

https://siblec.ru/img/14/img/Image161.gif (1.12)

При малых значениях напряженности внешнего электрического поля, когда Nр, a , m + и m – можно считать постоянными, плотность тока в газе прямо пропорциональна напряженности приложенного поля, т. е. в этих условиях соблюдается закон Ома.

Однако при дальнейшем возрастании напряженности поля закон Ома не выполняется. В этом случае все ионы будут уходить на электроды не рекомбинируя. Так как число ионов в газе при малых полях ограничена и не зависит от напряжения, то дальнейшее повышение напряжения не вызывает увеличения тока. Этот ток называют током насыщения. Значение плотности тока насыщения в газах не превышает 10-16 — 10-14 А/м2.

При дальнейшем повышении Е до значений, близких к электрической прочности Епр, возникает возможность генерации заряженных частиц в электрическом поле из-за появления ударной ионизации. В предпробивных полях создаются условия для возникновения "лавин", и ток очень резко возрастает, пока при J = Епр не наступает пробой газа.

### 

### 4 Поверхностная электропроводность диэлектриков

Поверхностная электропроводность диэлектриков создается благодаря неизбежному увлажнению, окислению, загрязнению и т. д. поверхностных слоев электрической изоляции. Поэтому диэлектрик характеризуется значением удельного поверхностного сопротивления RS.

https://siblec.ru/img/14/img/Image18.gif, (1.13)

где h - расстояние между параллельными друг другу кромками электродов, b - длина электродов.

У проводниковых материалов поверхностные токи исчезающе малы по сравнению с объемными, поэтому у этих материалов поверхностное сопротивление не учитывается. Не определяется поверхностное сопротивление и у жидких и газообразных диэлектриков. Не имеет смысла определение поверхностного сопротивления и у тонких слоев твердых диэлектриков так как в этом случае практически невозможно отделить поверхностные токи утечки от объемных.

Характер зависимости RS диэлектриков от различных факторов (температуры, влажности, величины приложенного напряжения) сходен с характером изменения R. Однако при изменениях влажности окружающей среды значения RS изменяются быстрее, чем значения R.

Рост поверхностной проводимости для растворимых диэлектриков объясняется наличием на их поверхности ионов, а для пористых - влаги. Кроме того, RS падает при загрязнении поверхности диэлектрика.

Для повышения поверхностного сопротивления электроизоляционных изделий их покрывают влагостойкими гидрофобными веществами с большим значением RS.

**Задание:**

1. Изучите теоретический материал.
2. Запишите в тетрадь:

- особенности электропроводности диэлектриков;

- чем обусловлена эдектропроводность твердых, жидких и газообразных диэлектриков;

- причины поверхностной электропроводности диэлектриков;

- каким образом можно увеличить поверхностное сопротивление электроизоляционных изделий?

**Форма отчета.**

1. Сделать фото конспекта в тетради
2. **Срок выполнения задания** 28.10.2020г.
3. **Получатель отчета.** Сделанные фото высылаем в Google Класс