

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИНЖЕНЕРНЫЙ ИНСТИТУТ

ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

**Методические указания для самостоятельной и
контрольной работы**

Новосибирск 2020

Электротехнические материалы: метод. указания для самостоятельной и контрольной работы / Новосиб. гос. аграр. ун-т; Инженер. ин-т; сост.: Д.С. Болотов., В.Н. Делягин – Новосибирск, 2020. – 12 с.

Авторы: *Д.С. Болотов, В.Н. Делягин*

Рецензент: канд. техн. наук, доцент *А.Ю. Кузнецов*

Методические указания предназначены для студентов вузов очного и заочного обучения по направлению подготовки: Агроинженерия, по профилю: Электрооборудование и электротехнологии в агропромышленном комплексе.

Утверждены и рекомендованы к изданию методическим советом Инженерного института (протокол №_ от __.__.2020 г.).

© Новосибирский государственный аграрный университет, 2020

© Болотов Д.С., Делягин В.Н.

ВВЕДЕНИЕ

Электротехнические материалы разделяются на четыре группы: проводниковые, полупроводниковые, магнитные и электроизоляционные диэлектрики.

Проводниковые материалы большой удельной электрической проводимости используются в электротехнических устройствах в качестве проводников электрического тока: всевозможные обмотки в машинах, аппаратах и приборах, контактные узлы, провода и кабели для передачи и распределения электрической энергии, в том числе и в линиях связи.

Полупроводниковые материалы занимают по удельной проводимости промежуточное место между проводниками и диэлектриками. Особенности свойств полупроводников позволяют широко использовать их в различных отраслях электротехники: в технике связи в широком диапазоне частот, в различных устройствах радиоэлектроники и в технике сильного тока. Их применяют в выпрямителях, в фотодатчиках, в качестве специальных источников тока и так далее.

Магнитные материалы отличаются способностью усиливать магнитное поле, в которое их помещают, то есть обладают большой магнитной проницаемостью. Они используются для изготовления магнитопроводов в электрических машинах и в трансформаторах, для экранирования магнитного поля, а также в виде постоянных магнитов, создающих вокруг себя магнитное поле.

Электроизоляционные материалы отличаются очень малой удельной электрической проводимостью. Количественно разница между проводимостью диэлектриков и проводников настолько велика, что она обуславливает и качественную разницу между ними. В диэлектриках преобладают не электродинамические явления, характеризующиеся направленным движением огромного числа свободных зарядов (электронов или ионов), а электростатические, характеризующиеся наличием электрического поля. Реальные диэлектрики имеют некоторое (очень малое) количество свободных зарядов и, как следствие, отличающуюся от нуля проводимость. Электродинамические явления в нормальных условиях работы диэлектрических материалов выражены очень слабо. Диэлектрики служат для изоляции друг от друга различных токопроводящих деталей, находящихся под разными потенциалами, или для создания электрической емкости в конденсаторах.

От свойств электротехнических материалов зависят условия и надежность работы электроустановок, в которых они используются.

После освоения дисциплины «Электротехнические материалы» студенты должны быть способны реализовывать современные технологии и обосновывать их применение в профессиональной деятельности.

1. КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ ТЕМ, ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

Краткое содержание темы 1, вопросы для самопроверки

Тема 1. Физико-химическая природа электрических материалов

Краткое содержание: *Классификация типов химических связей веществ. Ковалентная неполярная связь, ковалентная полярная связь. Ионная связь, донорно-акцепторная связь. Металлическая связь, межмолекулярная связь. Энергетический спектр электронов. Энергетические диаграммы металлов, проводников и диэлектриков. Проводники с точки зрения зонной теории твердого тела. Полупроводники с точки зрения зонной теории твердого тела. Диэлектрики с точки зрения зонной теории твердого тела. Деление материалов по электропроводности. Влияние температуры на различие между металлом и полупроводником, между полупроводником и диэлектриком.*

Вопросы для самопроверки

1. Для каких материалов характерна ковалентная неполярная связь?
2. Какие из шести типов химической связи характерны для проводников?
3. В чём отличие и в чём сходство энергетических диаграмм полупроводников и диэлектриков?
4. Что происходит со свободной и валентной зоной у металлов?
5. Как влияет изменение температуры на различие между металлом и полупроводником, а так же между полупроводником и диэлектриком?

Краткое содержание темы 2, вопросы для самопроверки

Тема 2. Проводники и проводниковые материалы

Краткое содержание: *Классификация проводников. Электрофизические и механические свойства проводников. Удельная проводимость, температурный коэффициент удельного сопротивления проводников. Температурный коэффициент линейного расширения и работа выхода проводников. Проводниковые материалы с высокой проводимостью. Проводниковые материалы с высоким удельным сопротивлением. Резистивные проводниковые материалы. Проводниковые материалы и сплавы различного назначения.*

Вопросы для самопроверки

1. По каким признакам классифицируют проводники?
2. Какие из свойств проводников являются самыми значимыми?
3. Какие проводниковые материалы относят к материалам с высокой проводимостью?
4. Какой из проводниковых материалов имеют самые лучшие показатели по удельному сопротивлению?
5. Для чего используют припой и какие материалы входят в состав наиболее распространённых припоев?

Краткое содержание темы 3, вопросы для самопроверки

Тема 3. Диэлектрики

Краткое содержание: *Понятие диэлектрика. Расположение зарядов в диэлектрике. Классификация диэлектриков. Диэлектрическая проницаемость диэлектрика. Увеличение ёмкости конденсатора. Виды поляризации диэлектриков. Дисперсия диэлектрической проницаемости. Электропроводность диэлектриков. Электронная и ионная электропроводности диэлектриков. Молионная электропроводность диэлектриков. Удельное объемное и поверхностное сопротивление диэлектриков. Потери в диэлектрике. Схемы замещения реального диэлектрика. Электрический пробой диэлектриков. $\tan \delta$ в диэлектрике. Основные количественные параметры характеризующие диэлектрики. Классификация диэлектрических материалов. Газообразные диэлектрические материалы. Жидкие диэлектрические материалы и их классификация. Твердые диэлектрические материалы.*

Вопросы для самопроверки

1. Что представляет собой поляризация диэлектрика?
2. В чём разница между видами поляризации диэлектриков?
3. По какой причине в диэлектрике может возникать ток утечки?
4. Какие причины потерь энергии электрического поля в диэлектрике существуют?
5. В чём разница между идеальным диэлектриком и реальным?

Краткое содержание темы 4, вопросы для самопроверки

Тема 4. Полупроводники

Краткое содержание: *Собственные и примесные полупроводники и их энергетические диаграммы. Электропроводность полупроводников и зависимость её от температуры. Фотопроводимость. Образование фотоносителей в полупроводнике. Спектральная характеристика фотопроводимости. Фотопроводимость и её зависимость от интенсивности облучения. Вольтамперная характеристика фотопроводимости полупроводников. Группы полупроводниковых материалов. Монокристаллы полупроводников и методы их получения. Наиболее известные полупроводниковые материалы. Достоинства приборов на основе полупроводниковых материалов. Примеры применения в технике полупроводниковых материалов.*

Вопросы для самопроверки

1. Как принято называть вакантные места в валентной зоне полупроводника?
2. В чём отличие энергетических диаграмм собственных и примесных полупроводников?
3. Какие факторы влияют на электропроводность полупроводников?
4. Что влияет на образование (генерацию) фотоносителей в полупроводнике?

5. Область применения кремния и германия?

Краткое содержание темы 5, вопросы для самопроверки

Тема 5. Магнитные материалы

Краткое содержание: *Магнетик. Магнитный материал. Магнитные свойства веществ. Намагниченность. Типы магнетиков в зависимости от величины магнитной восприимчивости. Даимагнетизм. Парамагнетизм. Ферромагнетизм. Ферромагнетизм. Антиферромагнетизм. Ферримагнетизм. Доменная структура магнетиков. Кривая намагничивания магнетика. Магнито-твердые материалы. Зависимость магнитной проницаемости от напряженности внешнего поля. Магнитная индукция и её связь с магнитной проницаемостью. Влияние температуры на магнитную проницаемость. Гистерезис. Гистерезис. Кривая намагничивания магнетика в переменном магнитном поле. Перемагничивание. Устройство и принцип действие электромагнита. Классификация магнитных материалов. Их частные примеры. Классификация магнито-мягких материалов. Ферримагнетизм. Магнитные материалы специального назначения. Гистерезис.*

Вопросы для самопроверки

1. Чем различаются доменные структуры ферромагнетиков, антиферромагнетиков и ферримагнетиков?
2. На какие участки можно разделить кривую намагничивания магнетика?
3. Что происходит с магнитной проницаемостью магнетика при достижении магнитной проницаемости максимального значения?

Ниже приводятся требования к контрольной работе по дисциплине «Электротехнические материалы», а так же пояснения по порядку выбора варианта контрольной работы и список вопросов к контрольной работе.

Краткое содержание темы 6, вопросы для самопроверки

Тема 6. Светотехнические материалы

Краткое содержание: *Светопроницающие материалы. Светоотражающие материалы. Конструктивные материалы осветительных установок. Коэффициент светового поглощения материалов. Коэффициент светового отражения материалов. Коэффициент светового пропускания материалов.*

Вопросы для самопроверки

1. На какие виды по типу исходного сырья делятся светопроницающие элементы?
2. Основные характеристики светопроницающих элементов.
3. Для чего используют светоотражающие элементы?

Ниже приводятся требования к контрольной работе по дисциплине «Электротехнические материалы», а так же пояснения по порядку выбора варианта контрольной работы и список вопросов к контрольной работе.

2. ЗАДАНИЯ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ

Учебным планом предусматривается одна домашняя контрольная работа. Прежде чем приступить к ее выполнению, необходимо изучить весь программный материал дисциплины. При выполнении контрольной работы необходимо соблюдать следующие требования.

1. Выполняемый вариант контрольной работы выбирается по двум последним цифрам учебного шифра студента. Работа, выполненная не по своему варианту, не учитывается и возвращается студенту без оценки.

2. Выполнение работы следует начинать с изучения методических указаний.

3. Чертежи, схемы, графики, эскизы следует выполнять в соответствии с требованиями ЕСКД.

4. В пояснительной записке следует оставлять поля для замечаний.

5. На обложке работы должны быть указаны наименование дисциплины, фамилия и инициалы студента, номер группы, шифр.

6. В конце работы следует указать литературу, которой пользовался студент, проставить дату выполнения работы и подпись.

8. Если были допущены недочеты и ошибки, то после возвращения контрольной работы её дорабатывают в соответствии с указаниями преподавателя, сделанными в рецензии. Дорабатывать следует в той же пояснительной записке после замечаний преподавателя.

Варианты контрольного задания

Цифры шифра	Номера вопросов					Цифры шифра	Номера вопросов				
	1	14	27	40	46		12	25	38	42	58
01	1	14	27	40	46	51	12	25	38	42	58
02	2	15	28	41	47	52	13	26	39	43	59
03	3	16	29	42	48	53	1	14	27	44	60
04	4	17	30	43	49	54	2	15	28	45	61
05	5	18	31	44	50	55	3	16	29	40	62
06	6	19	32	45	51	56	4	17	30	41	63
07	7	20	33	40	52	57	5	18	31	42	64
08	8	21	34	41	53	58	6	19	32	43	46
09	9	22	35	42	54	59	7	20	33	44	47
10	10	23	36	43	55	60	8	21	34	45	48
11	11	24	37	44	56	61	9	22	35	40	49
12	12	25	38	45	57	62	10	23	36	41	50
13	13	26	39	40	58	63	11	24	37	42	51
14	1	14	27	41	59	64	12	25	38	43	52
15	2	15	28	42	60	65	13	26	39	44	53
16	3	16	29	43	61	66	1	14	27	45	54
17	4	17	30	44	62	67	2	15	28	40	55
18	5	18	31	45	63	68	3	16	29	41	56

19	6	19	32	40	64	69	4	17	30	42	57
20	7	20	33	41	46	70	5	18	31	43	58
21	8	21	34	42	47	71	6	19	32	44	59
22	9	22	35	43	48	72	7	20	33	45	60
23	10	23	36	44	49	73	8	21	34	40	61
24	11	24	37	45	50	74	9	22	35	41	62
25	12	25	38	40	51	75	11	23	36	42	63
26	13	26	39	41	52	76	12	24	37	43	64
27	1	14	27	42	53	77	13	25	38	44	46
28	2	15	28	43	54	78	1	26	39	45	47
29	3	16	29	44	55	79	2	14	27	40	48
30	4	17	30	45	56	80	3	15	28	41	49
31	5	18	31	40	57	81	4	16	29	42	50
32	6	19	32	41	58	82	5	17	30	43	51
33	7	20	33	42	59	83	6	18	31	44	52
34	8	21	34	43	60	84	7	19	32	45	53
35	9	22	35	44	61	85	8	20	33	40	54
36	10	23	36	45	62	86	9	21	34	41	55
37	11	24	37	40	63	87	10	22	35	42	56
38	12	25	38	41	64	88	11	23	36	43	57
39	13	26	39	42	46	89	12	24	37	44	58
40	1	14	27	43	47	90	13	25	38	45	59
41	2	15	28	44	48	91	1	26	39	40	60
42	3	16	29	45	49	92	2	14	27	41	61
43	4	17	30	40	50	93	3	15	28	42	62
44	5	18	31	41	51	94	4	16	29	43	63
45	6	19	32	42	52	95	5	17	30	44	64
46	7	20	33	43	53	96	6	18	31	45	46
47	8	21	34	44	54	97	7	19	32	40	47
48	9	22	35	45	55	98	8	20	33	41	48
49	10	23	36	40	56	99	9	21	34	42	49
50	11	24	37	41	57	00	10	22	35	43	50

Вопросы для контрольной работы:

1	Цели и задачи дисциплины «Электротехнические материалы»
2	Классификация типов химических связей веществ
3	Ковалентная неполярная связь, ковалентная полярная связь
4	Ионная связь, донорно-акцепторная связь
5	Металлическая связь, межмолекулярная связь
6	Энергетический спектр электронов
7	Энергетические диаграммы металлов, проводников и диэлектриков
8	Проводники с точки зрения зонной теории твердого тела

9	Полупроводники с точки зрения зонной теории твердого тела
10	Диэлектрики с точки зрения зонной теории твердого тела
11	Деление материалов по электропроводности
12	Влияние температуры на различие между металлом и полупроводником, между полупроводником и диэлектриком
13	Классификация проводников
14	Электрофизические и механические свойства проводников
15	Удельная проводимость, температурный коэффициент удельного сопротивления проводников
16	Температурный коэффициент линейного расширения и работа выхода проводников
17	Проводниковые материалы с высокой проводимостью
18	Проводниковые материалы с высоким удельным сопротивлением
19	Резистивные проводниковые материалы
20	Проводниковые материалы и сплавы различного назначения
21	Понятие диэлектрика. Расположение зарядов в диэлектрике
22	Классификация диэлектриков
23	Диэлектрическая проницаемость диэлектрика
24	Увеличение ёмкости конденсатора
25	Виды поляризации диэлектриков
26	Дисперсия диэлектрической проницаемости. Электропроводность диэлектриков
27	Электронная и ионная электропроводности диэлектриков
28	Молионная электропроводность диэлектриков
29	Удельное объемное и поверхностное сопротивление диэлектриков
30	Потери в диэлектрике. Схемы замещения реального диэлектрика
31	Электрический пробой диэлектриков. $tg \delta$ в диэлектрике
32	Основные количественные параметры характеризующие диэлектрики
33	Классификация диэлектрических материалов
34	Газообразные диэлектрические материалы
35	Жидкие диэлектрические материалы и их классификация
36	Твердые диэлектрические материалы
37	Собственные полупроводники
38	Примесные полупроводники
39	Энергетическая диаграмма собственных полупроводников
40	Энергетическая диаграмма примесных полупроводников
41	Электропроводность полупроводников и зависимость её от температуры
42	Фотопроводимость. Образование фотоносителей в полупроводнике. Спектральная характеристика фотопроводимости
43	Фотопроводимость и её зависимость от интенсивности облучения. Вольтамперная характеристика фотопроводимости полупроводников

44	Группы полупроводниковых материалов
45	Монокристаллы полупроводников и методы их получения
46	Наиболее известные полупроводниковые материалы
47	Достоинства приборов на основе полупроводниковых материалов. Примеры применения в технике полупроводниковых материалов
48	Магнетик. Магнитный материал. Магнитные свойства веществ
49	Намагниченность. Типы магнетиков в зависимости от величины магнитной восприимчивости
50	Даимагнетизм. Парамагнетизм. Ферромагнетизм
51	Ферромагнетизм. Антиферромагнетизм. Ферримагнетизм
52	Доменная структура магнетиков
53	Кривая намагничивания магнетика. Магнито-твердые материалы
54	Зависимость магнитной проницаемости от напряженности внешнего поля. Магнитная индукция и её связь с магнитной проницаемостью
55	Влияние температуры на магнитную проницаемость. Гистерезис
56	Гистерезис. Кривая намагничивания магнетика в переменном магнитном поле
57	Перемагничивание. Устройство и принцип действие электромагнита
58	Классификация магнитных материалов. Их частные примеры
59	Классификация магнито-мягких материалов. Ферримагнетизм
60	Магнитные материалы специального назначения. Гистерезис
61	Явление сверхпроводимости. Частные примеры сверхпроводников
62	Сверхпроводники 1-го рода
63	Сверхпроводники 2-го рода
64	Практическое применение сверхпроводимости

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Гадалов, В.Н.* Электротехническое и конструкционное материаловедение: учебное пособие / В.Н. Гадалов, А.Н. Горлов, И.В. Ворначева [и др.]. – Москва: Инфра-М, 2019. – 142 с. – ISBN 978-5-16-106519-8. – Текст: электронный. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1058858>.

2. *Привалов, Е.Е.* Электроматериаловедение [Электронный ресурс]: учебное пособие / Е. Е. Привалов, Ставропольский государственный аграрный университет. – Ставрополь: АГРУС, 2012 – 196 с. – Текст: электронный. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/515127>.

3. *Тимофеев, И.А.* Электротехнические материалы и изделия: Учебное пособие. – СПб.: Издательство «Лань», 2012. – 272 с.: ил. – (Учебники для вузов. Специальная литература).

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ ТЕМ, ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРО- ВЕРКИ	4
2. ЗАДАНИЯ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ	6
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	10

Авторы:
Болотов Денис Сергеевич
Делягин Валерий Николаевич

ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

Методические указания для самостоятельной и контрольной работы

Редактор
Компьютерная верстка

Подписано к печати 20__ г.
Объем 1 уч.-изд.л., усл. печ. л. Формат 60×84^{1/16}
Тираж 100 экз. Изд. № Заказ №

Отпечатано в издательстве Новосибирского ГАУ
630039, Новосибирск, ул. Добролюбова, 160