

УТВЕРЖДАЮ  
 Декан факультета

\_\_\_\_\_  
 (подпись) Матвеев П.В.  
 ФИО  
 «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ РАДИОМАТЕРИАЛЫ И РАДИОКОМПОНЕНТЫ

Направление/специальность подготовки	11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы
Специализация/профиль/программа подготовки	Радиолокационные системы и комплексы
Уровень высшего образования	Специалитет
Форма обучения	Очная
Факультет	И Информационных и управляющих систем
Выпускающая кафедра	И4 РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ
Кафедра-разработчик рабочей программы	О8 ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

КУРС	СЕМЕСТР	ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ)	ЧАСЫ (по наличию видов занятий)									ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ
			ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ	АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ				САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА				
				ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	ВСЕГО	КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	КУРСОВАЯ РАБОТА	ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ	
2	3	3	108	34	17	17	0	74	0	0	74	зач.

*ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ*

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА СОСТАВЛЕНА В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ФЕДЕРАЛЬНОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ (ФГОС ВО)**

**11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы**

год набора группы: 2024

Программу составил:

Кафедра О8 ЭЛЕКТРОТЕХНИКА  
Образцов Алексей Николаевич, старший преподаватель

\_\_\_\_\_

Программа рассмотрена  
на заседании кафедры-разработчика  
рабочей программы **О8 ЭЛЕКТРОТЕХНИКА**

Заведующий кафедрой Матвеев П.В., к.т.н., доц.

\_\_\_\_\_

Программа рассмотрена  
на заседании выпускающей кафедры

**И4 РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ**

Заведующий кафедрой Страхов С.Ю., д.т.н., проф.

\_\_\_\_\_

# **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ РАДИОМАТЕРИАЛЫ И РАДИОКОМПОНЕНТЫ**

## **Разделы рабочей программы**

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО
3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

## **Приложения к рабочей программе дисциплины**

- Приложение 1. Аннотация рабочей программы
- Приложение 2. Технологии и формы обучения
- Приложение 3. Фонды оценочных средств

# 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-1 — способность представить адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики
ОПК-2 — способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и применять соответствующий физико-математический аппарат для их формализации, анализа и принятия решения
ОПК-3 — способность к логическому мышлению, обобщению, прогнозированию, постановке исследовательских задач и выбору путей их достижения, освоению работы на современном измерительном, диагностическом и технологическом оборудовании, используемом для решения различных научно-технических задач в области радиоэлектронной техники и информационно-коммуникационных технологий
ОПК-6 — способность учитывать существующие и перспективные технологии производства радиоэлектронной аппаратуры при выполнении научно-исследовательской и опытно-конструкторских работ

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

## **ОПК-1**

*знания:*

- особенности физических явлений в электрорадиоматериалах;
- параметры и характеристики радиокомпонентов;
- основы технологии конструкционных материалов.;

*умения:*

- выбирать материалы на основе анализа их свойств для конкретного применения в радиоэлектронных устройствах;

- подбирать по справочным материалам радиокомпоненты для электронных устройств.;;

*навыки:*

обработки результатов экспериментальных исследований радиоматериалов и радиокомпонентов с использованием стандартных пакетов прикладных программ..

## **ОПК-2**

*знания:*

- основных физических явлений и законов электротехники и их математическое описание;
- типовых стандартных приборов устройств, аппаратов, программных средств, используемых при экспериментальных исследованиях.;

*умения:*

- выявлять физическую сущность явлений и процессов в устройствах различной физической природы и - - рассчитывать режимы работы электротехнических установок различного назначения, определять состав оборудования и его параметры, схемы электротехнических объектов выполнять применительно к ним простые технические расчёты;

- проводить эксперименты по заданным методикам с последующей обработкой и анализом результатов в области электротехники.;

*навыки:*

- анализа физических явлений в электрических устройствах, объектах и системах;
- работы с приборами и установками для экспериментальных исследований;
- использования прикладных программ и средствами автоматизированного проектирования при решении инженерных задач по электротехнике..

## **ОПК-3**

*знания:*

- общие сведения о строении материалов;
- общие сведения о полупроводниковых, проводниковых, диэлектрических и магнитных материалах и изделиях;

-сведения об электромонтажных изделиях;

-назначение, виды и свойства материалов.;

*умения:*

- выбирать материалы на основе анализа их свойств для конкретного применения в радиоэлектронных устройствах;

- подбирать по справочным материалам радиокомпоненты для электронных устройств;

*навыки:*

пользования

- моделями пассивных радиокомпонентов, используемых в радиотехнике;

- методами расчёта основных характеристик пассивных радиокомпонентов;
- методологией использования аппаратуры для измерения радиотехнических цепей, содержащих пассивные радиокомпоненты;
- типовыми программными средствами для автоматизации проектирования и моделирования пассивных радиоэлектронных радиокомпонентов;
- методами, необходимыми для выбора элементной базы и конструкторских решений с учётом требований устойчивости к воздействию окружающей среды, электромагнитной совместимости и технологичности;
- статистическими методами анализа и методами оптимизации пассивных радиокомпонентов..

#### **ОПК-6**

*знания:*

современного состояние развития отрасли связи, науки и техники для профессионального саморазвития, самореализации и самосовершенствования.;

*умения:*

самостоятельно собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из найденных теоретических источников, в том числе справочников и стандартов; собирать и систематизировать практический материал; логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы.;

*навыки:*

применения

- типовых программных средств для автоматизации проектирования и моделирования пассивных радиоэлектронных радиокомпонентов;
- методов выбора элементной базы и конструкторских решений с учётом требований устойчивости к воздействию окружающей среды, электромагнитной совместимости и технологичности;
- статистических методов анализа и методов оптимизации пассивных радиокомпонентов.;

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **РАДИОМАТЕРИАЛЫ И РАДИОКОМПОНЕНТЫ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА, ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ПРОГРАММИРОВАНИЕ, ФИЗИКА, МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА И СИСТЕМЫ, КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ЭЛЕКТРОННЫЕ И МИКРОЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ, ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — Способен представить адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики
- ОПК-2 — Способен выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и применять соответствующий физико-математический аппарат для их формализации, анализа и принятия решения
- ОПК-3 — Способен к логическому мышлению, обобщению, прогнозированию, постановке исследовательских задач и выбору путей их достижения, освоению работы на современном измерительном, диагностическом и технологическом оборудовании, используемом для решения различных научно-технических задач в области радиоэлектронной техники и информационно-коммуникационных технологий
- ОПК-7 — Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности
- ОПК-8 — Способен использовать современные программные и инструментальные средства компьютерного моделирования для решения различных исследовательских и профессиональных задач
- ОПК-9 — Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч.

#### 3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %			
				ВСЕГО	Лекции	Лабораторный практикум		ОПК-1	ОПК-2	ОПК-3	ОПК-6
2	3	Раздел 1. Основные понятия и определения. Основные понятия и определения. Методология построения дисциплины. Строение вещества. Зонная теория твердого тела. Классификация электрорадиоматериалов.	8	2	2	0	6	10	10	10	10
2	3	Раздел 2. Проводниковые материалы. Классификация. Характеристики. Материалы высокой проводимости. Материалы высокого сопротивления. Материалы специального назначения.	18	6	3	3	12	20	20	20	20
2	3	Раздел 3. Полупроводниковые материалы. Свойства и характеристики. Проводимость. Эффекты в полупроводниках. Получение. Простые и бинарные полупроводники. Применение.	44	12	4	8	32	20	20	20	20
2	3	Раздел 4. Диэлектрические материалы. Свойства и характеристики. Пассивные и активные диэлектрики. Материалы квантовой электроники и с оптическими эффектами. Эксплуатационные свойства диэлектриков.	19	7	4	3	12	25	25	25	25
2	3	Раздел 5. Магнитные материалы. Основные свойства. Анизотропия. Домены. Гистерезис. Потери энергии. Магнитоstriction. Влияние тепловой и механической обработки на свойства. Применение. Магнитомягкие материалы. Магнитотвердые материалы.	19	7	4	3	12	25	25	25	25
Всего за 3 семестр			108	34	17	17	74	100	100	100	100
Всего по дисциплине			108	34	17	17	74	100	100	100	100

#### 3.2. Лабораторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного практикума	Объем, ауд. часов
1	Раздел 2. Проводниковые материалы.	Исследование электрических свойств проводниковых материалов	3
2	Раздел 3. Полупроводниковые материалы.	1. Исследование свойств терморезисторов	2
3		2. Исследование свойств варисторов	2
4		3. Исследование свойств фоторезисторов	2
5		Прием лабораторных работ	2
6	Раздел 4. Диэлектрические материалы.	Исследование свойств сегнетоэлектриков	3
7	Раздел 5. Магнитные материалы.	Исследование свойств ферромагнитных материалов	3
Всего за 3 семестр			17

#### 3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Основные понятия и определения.	Изучаются и повторяются основные понятия материаловедения по строению вещества.	6
2	Раздел 2. Проводниковые материалы.	Изучается классификация, свойства, параметры всех проводниковых материалов.	2
3		Изучение теоретического материала по исследованию электрических свойств проводниковых материалов.	6
4		Грамотные расчёты, выводы и правильное оформление таблиц и графиков по проделанной работе.	4

5	Раздел 3. Полупроводниковые материалы.	Изучение теоретического материала по исследованию свойств терморезисторов, варисторов и фоторезисторов.	12
6		Изучается классификация, свойства и параметры полупроводниковых материалов.	12
7		Грамотные расчёты, выводы и правильное оформление таблиц и графиков по проделанной работе.	8
8	Раздел 4. Диэлектрические материалы.	Изучается классификация, свойства и параметры диэлектрических материалов. Электроизоляционные материалы. Конденсаторные материалы. Активные диэлектрики.	4
9		Грамотные расчёты, выводы и правильное оформление таблиц и графиков по проделанной работе.	4
10		Изучение теоретического материала по исследованию свойств сегнетоэлектриков.	4
11		Раздел 5. Магнитные материалы.	Изучается классификация, свойства и параметры магнитных материалов. Намагничивание, перемагничивание, размагничивание магнитных материалов.
12	Грамотные расчёты, выводы и правильное оформление таблиц и графиков по проделанной работе.		4
13	Изучение теоретического материала по исследованию свойств ферромагнитных материалов.		4
Всего за 3 семестр			74

#### 4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА																				
	1	2	3	4		5	6	7		8	9	10	11		12	13	14	15		16	17
3		ЛР		Отч. по ЛР, ЛР			ДР	ЛР, Отч. по ЛР			ЛР	ДР	ЛР, Отч. по ЛР			ЛР		Отч. по ЛР		ДР	зач.

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- Отч. по ЛР – отчет по ЛР;
- ЛР – лабораторная работа;
- зач. – зачет.

**Текущий контроль успеваемости** студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- отчет по ЛР;
- лабораторная работа.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- зачет.



## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература по дисциплине:

1. . Микро- и нанотехнологии в электронике. Нальчик: Изд-во КБГУ, 2011, эл. рес.
2. . Электрорадиоматериалы. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012, эл. рес.
3. В. М. Протченко. . Радиоматериалы и радиокомпоненты. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011, 165 экз.
4. В. М. Протченко. . Радиоматериалы и радиокомпоненты. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011, эл. рес.
5. Г. А. Татарникова, Е. Б. Коротков, А. С. Лошицкий. . Электрорадиоматериалы. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2000, 80 экз.
6. С. А. Гусев, А. Н. Образцов. . Электрорадиоматериалы и компоненты. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016, 126 экз.
7. Ю. М. Пятин, А. М. Чернявская, Р. А. Владимирский. . Материалы в приборостроении и автоматике. М.: Машиностроение, 1982, 5 экз.

### 5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

1. . Наноструктуры в электронике и фотонике. М.: Техносфера, 2010, 2 экз.
2. К. С. Петров. . Радиоматериалы, радиокомпоненты и электроника. СПб.: Питер, 2003, 1 экз.

### 5.3. Периодические издания:

1. Радиотехника – XXI век.

### 5.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины, электронные библиотечные системы:

1. <https://e.lanbook.com/book> — ЭБС Лань;.

### Современные профессиональные базы данных:

1. <https://rusneb.ru> – Национальная электронная библиотека (НЭБ);
2. <https://cyberleninka.ru/> - Научная электронная библиотека «Киберленинка»;
- <http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library> - Полнотекстовая электронная библиотека Российского фонда фундаментальных исследований.

### Информационные справочные системы:

1. Техэксперт – Информационный портал технического регулирования: Нормы, правила, стандарты РФ;
2. [http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com\\_irbis&view=irbis&Itemid=457](http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=457) - БД ГОСТов собственной генерации БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова;
3. <http://www.consultant.ru/>- КонсультантПлюс- информационный портал правовой информации.

### 5.5. Программное обеспечение:

не требуется.

### 5.6. Информационные технологии:

взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС Moodle БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

## **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **6.1. Лекционные занятия:**

1. Интерактивная доска.

### **6.2. Лабораторные занятия:**

1. Вольтметр В7-22;
2. Генератор ГЗ-123;
3. Осциллограф С1-48Б;
4. Источник питания ТЕС-14;
5. Генератор ГЗ-109;
6. Прибор Ш-301/2;
7. Проектор;
8. Интерактивная доска;
9. Стенд для лабораторных работ "Радиоматериалы и радиокомпоненты".

### **6.3. Прочее:**

1. рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
2. рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

### Аннотация рабочей программы

Дисциплина **РАДИОМАТЕРИАЛЫ И РАДИОКОМПОНЕНТЫ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы*. Дисциплина реализуется на факультете *О Естественнoнаучный БГТУ "ВОЕНМЕХ"* им. Д.Ф. Устинова кафедрой *О8 ЭЛЕКТРОТЕХНИКА*.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ОПК-1 способность представить адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики;

ОПК-2 способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и применять соответствующий физико-математический аппарат для их формализации, анализа и принятия решения;

ОПК-3 способность к логическому мышлению, обобщению, прогнозированию, постановке исследовательских задач и выбору путей их достижения, освоению работы на современном измерительном, диагностическом и технологическом оборудовании, используемом для решения различных научно-технических задач в области радиоэлектронной техники и информационно-коммуникационных технологий;

ОПК-6 способность учитывать существующие и перспективные технологии производства радиоэлектронной аппаратуры при выполнении научно-исследовательской и опытно-конструкторских работ.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с материалами, используемыми в электротехнике, радиотехнике и электронике. Номенклатура, электрофизические свойства, методы получения, характеристики и области их применения, классификация и маркировка.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

**Текущий контроль успеваемости** студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- отчет по ЛР;
- лабораторная работа.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **3 з.е., 108 ч**. Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**17 ч.**), лабораторный практикум (**17 ч.**), самостоятельная работа студента (**74 ч**).

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 ч., из них 34 ч. аудиторных занятий, и 74 ч., отведенных на самостоятельную работу студента.

Рекомендации по распределению учебного времени по видам самостоятельной работы и разделам дисциплины приведены в таблице.

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о текущем, рубежном контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Формы контроля и критерии оценивания приведены в приложении 3 к Рабочей программе.

Наименование работы	Рекомендуемая литература	Трудоемкость, час.
<b>Раздел 1. Основные понятия и определения.</b>		
Изучаются и повторяются основные понятия материаловедения по строению вещества.	В. М. Протченко. . Радиоматериалы и радиокомпоненты: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011 (1) В. М. Протченко. . Радиоматериалы и радиокомпоненты: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011 (1) . Микро- и нанотехнологии в электронике: Нальчик: Изд-во КБГУ, 2011 (все) . Электрорадиоматериалы: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012 (1)	6
Итого по разделу 1		6
<b>Раздел 2. Проводниковые материалы.</b>		
Изучается классификация, свойства, параметры всех проводниковых материалов.	. Электрорадиоматериалы: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012 (все) К. С. Петров. . Радиоматериалы, радиокомпоненты и электроника: СПб.: Питер, 2003 (все)	2
Изучение теоретического материала по исследованию электрических свойств проводниковых материалов.	В. М. Протченко. . Радиоматериалы и радиокомпоненты: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011 (все) В. М. Протченко. . Радиоматериалы и радиокомпоненты: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011 (2-3)	6
Грамотные расчёты, выводы и правильное оформление таблиц и графиков по проделанной работе.	Ю. М. Пятин, А. М. Чернявская, Р. А. Владимирский. . Материалы в приборостроении и автоматике: М.: Машиностроение, 1982 (все) С. А. Гусев, А. Н. Образцов. . Электрорадиоматериалы и компоненты: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (1)	4
Итого по разделу 2		12
<b>Раздел 3. Полупроводниковые материалы.</b>		

Изучение теоретического материала по исследованию свойств терморезисторов, варисторов и фоторезисторов.	. Наноструктуры в электронике и фотонике: М.: Техносфера, 2010 (все) В. М. Протченко. . Радиоматериалы и радиокомпоненты: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011 (3)	12
Изучается классификация, свойства и параметры полупроводниковых материалов.		12
Грамотные расчёты, выводы и правильное оформление таблиц и графиков по проделанной работе.	С. А. Гусев, А. Н. Образцов. . Электрорадиоматериалы и компоненты: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (2-4)	8
Итого по разделу 3		32
<b>Раздел 4. Диэлектрические материалы.</b>		
Изучается классификация, свойства и параметры диэлектрических материалов. Электроизоляционные материалы. Конденсаторные материалы. Активные диэлектрики.	В. М. Протченко. . Радиоматериалы и радиокомпоненты: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011 (4) . Электрорадиоматериалы: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012 (все)	4
Грамотные расчёты, выводы и правильное оформление таблиц и графиков по проделанной работе.	В. М. Протченко. . Радиоматериалы и радиокомпоненты: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011 (4) С. А. Гусев, А. Н. Образцов. . Электрорадиоматериалы и компоненты: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (5)	4
Изучение теоретического материала по исследованию свойств сегнетоэлектриков.		4
Итого по разделу 4		12
<b>Раздел 5. Магнитные материалы.</b>		
Изучается классификация, свойства и параметры магнитных материалов. Намагничивание, перемангничивание, размагничивание магнитных материалов.	Г. А. Татарникова, Е. Б. Коротков, А. С. Лошицкий. . Электрорадиоматериалы: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2000 (все) Ю. М. Пятин, А. М. Чернявская, Р. А. Владимирский. . Материалы в приборостроении и автоматике: М.: Машиностроение, 1982 (все) К. С. Петров. . Радиоматериалы, радиокомпоненты и электроника: СПб.: Питер, 2003 (все)	4
Грамотные расчёты, выводы и правильное оформление таблиц и графиков по проделанной работе.	В. М. Протченко. . Радиоматериалы и радиокомпоненты: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011 (5)	4
Изучение теоретического материала по исследованию свойств ферромагнитных материалов.	С. А. Гусев, А. Н. Образцов. . Электрорадиоматериалы и компоненты: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (6)	4
Итого по разделу 5		12

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения по данной дисциплине, включают в себя:

- диагностическая работа
- лабораторная работа;
- отчет по ЛР;
- зачет.

### Критерии оценивания

#### Диагностическая работа

Диагностическая работа проводится в форме теста в ЭИОС Moodle:

- при правильном ответе менее чем на 60% вопросов - не аттестация;
- при правильном ответе на 60% вопросов и более - аттестация.

#### Лабораторная работа

Допуск к выполнению ЛР происходит при условии наличия у студента печатной версии титульного листа отчета по лабораторной работе и после проверки подготовленности к выполнению работы по заданной тематике в форме тестирования. Тест состоит из 5 вопросов и выдается на занятии. Время на ответ – 10 минут. Каждый вопрос оценивается по критерию «Правильно - неправильно». Результат тестирования оценивается по 5 бальной системе:

- 2 и 3 правильных ответов – min, 3, балла;
- 4 правильных ответа – 4 балла;
- 5 правильных ответов – max, 5, баллов.

#### Отчет по ЛР

Отчет по лабораторной работе представляется в формате, предусмотренном шаблоном отчета по лабораторной работе. Защита отчета проходит в форме доклада студента по выполненной работе и ответов на вопросы преподавателя.

В случае если оформление отчета и поведение студента во время защиты соответствуют указанным требованиям, студент получает максимальное количество баллов.

Основаниями для снижения оценки являются:

- небрежное выполнение;
- низкое качество графического материала (неверный выбор масштаба чертежей, отсутствие указания единиц измерения на графиках);

Отчет не может быть принят и подлежит доработке в случае:

- отсутствия необходимых разделов;
- отсутствия необходимого графического материала;
- некорректной обработки результатов измерений.

По результатам всех выполненных лабораторных работ ставится итоговая оценка по пятибальной системе.

Оценка или баллы за лабораторную работу проставляются согласно технологической карте

#### Зачет

Согласно технологической карте по завершению лекционного курса студенты, выполнившие и защитившие все лабораторные работы и прошедшие успешно три диагностические работы в "Moodl", получают оценку "Зачтено".

Если студент не выполнил все требования согласно технологической карте, то с целью контроля знаний, полученных студентами при изучении дисциплины в 3 семестре проводится зачет. Во время проведения зачета студенту выдаются 2 вопроса по изученным темам. Студент отвечает на них письменно или устно.

"Зачтено": ответы студентов, показавших знание основного учебного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и в предстоящей работе, справляющихся с выполнением заданий, предусмотренных программой, но допустившим погрешности в ответе на зачете и при выполнении отчетов по практическим и лабораторным занятиям, не носящие принципиального характера, когда установлено, что студент обладает необходимыми знаниями для последующего устранения указанных погрешностей под руководством преподавателя/

" Не зачтено": ответы студентам, обнаружившим пробелы в знаниях основного учебного материала, допускающим принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой отчетов по практическим и лабораторным занятиям. Такой оценки заслуживают ответы студентов, носящие несистематизированный, отрывочный, поверхностный характер, когда студент не понимает существа излагаемых им вопросов.

Если студент выполнил все требования согласно технологической карте, то ему ставится "зачтено"

Паспорт фонда оценочных средств

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %				НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Лабораторный практикум		ОПК-1	ОПК-2	ОПК-3	ОПК-6	
2	3	Раздел 1. Основные понятия и определения.	8	2	2	0	6	10	10	10	10	Лабораторная работа
2	3	Раздел 2. Проводниковые материалы.	18	6	3	3	12	20	20	20	20	Лабораторная работа, Отчет по ЛР
2	3	Раздел 3. Полупроводниковые материалы.	44	12	4	8	32	20	20	20	20	Лабораторная работа, Отчет по ЛР
2	3	Раздел 4. Диэлектрические материалы.	19	7	4	3	12	25	25	25	25	Лабораторная работа, Отчет по ЛР
2	3	Раздел 5. Магнитные материалы.	19	7	4	3	12	25	25	25	25	Лабораторная работа, Отчет по ЛР
Всего за 3 семестр			108	34	17	17	74	100	100	100	100	
Всего по дисциплине			108	34	17	17	74	100	100	100	100	



## Критерии оценивания

### ОПК-1

#### Вопросы открытого типа:

- № 1 ... -это диэлектрики, которые могут длительно сохранять состояние поляризации
- № 2 Вещества скачком изменяющие при охлаждении свое сопротивление до 0 являются ...
- № 3 По агрегатному состоянию радиоматериалы делятся:
- № 4 ... материалы легко переманчиваются в относительно слабых полях, обладают высоким значением относительной магнитной проницаемости и малой коэрцитивной силой.
- № 5 Что происходит с коэрцитивной силой при уменьшении толщины пленки из ферромагнитных материалов менее 10 мкм?
- № 6 Что такое "точка Нееля" ?
- № 7 Какие материалы отличаются большой удельной электропроводностью,  $\rho$ , и используются в устройствах в виде проводов, шин, контактных элементов?
- № 8 Провод круглого сечения имеет длину  $L=3.14$  м, диаметр  $d=0.2$  мм, сопротивление  $R=1.7$  Ом. Определить удельное сопротивление материала и из какого металла он изготовлен.
- № 9 Какой из материалов имеет наибольшую проводимость?
- № 10 В каком устройстве используют эффект Холла?

#### Вопросы закрытого типа:

- № 1 Какие диэлектрики относятся к классу активных (все правильные утверждения)?

1. С очень высоким удельным сопротивлением
2. С восстанавливаемым электрическим пробоем
3. Поляризация сильно зависит от внешних условий
4. Диэлектрическая проницаемость зависит от температуры
5. У которых удельное поверхностное сопротивление равно объемному сопротивлению

- № 2 Какой из перечисленных диэлектриков обладает самой высокой химической стойкостью?

Выберите один ответ:

1. Миканит
  2. Ситалл
  3. Фенопласт
  4. Фторопласт
  5. Ультрафарфор
- № 3 Какие из названных материалов относятся к классу сегнетоэлектриков
1. Титанат бария
  2. Ниобат лития
  3. Цирконат-титанат свинца
  4. Политетрафторэтилен
  5. Сегнетова соль
- № 4 От каких факторов зависит тангенс угла диэлектрических потерь?

	1. Габаритные размеры диэлектрика
	2. Напряженность электрического поля
	3. Частота переполяризации
	4. Температура
	5. Влажность
№ 5	6. Концентрация примесей Для изготовления нагревательных элементов применяются:
	1. медь
	2. кремний
	3. нихром
	4. железо
№ 6	5. хромаль Свободная энергетическая зона это
	1. Зона, где ни при каких условиях не может быть носителей зарядов
	2. Зона расположения несвязанных носителей заряда
	3. Совокупность уровней, определяющих валентность вещества
№ 7	Уровни с запрещенным энергетическим состоянием электронов Этот материал используют в электронной технике как основа для изготовления больших интегральных микросхем. Обладает защитной окисной пленкой, которая является одновременно хорошим диэлектриком и защитой от агрессивных сред. Благодаря этой пленке создана планарная технология, предусматривающая изготовление в едином технологическом цикле одинаковых полупроводниковых элементов большой серии.
	1. серебро
	2. кремний
	3. тефлон
№ 8	германий Примесные атомы в полупроводнике, обуславливающие проводимость n-типа
	1. атомы, валентность которых меньше, чем у основного вещества
	2. атомы, валентность которых больше, чем у основного вещества
	3. доноры
	4. акцепторы
№ 9	атомы, валентность которых такая же, как у основного вещества Что определяет ток в полупроводниках с Р-типом проводимости?:
	1. Подвижность электронов в зоне проводимости
	2. Подвижность дырок на примесных уровнях
	3. концентрация дырок в валентной зоне

№ 10	5. концентрация дырок в зоне проводимости
	6. ширина запрещенной зоны.
	Укажите главное достоинство соответствующее указанным полупроводникам
	1. высокая рабочая температура
	2. быстродействие
	3. распространение в земной коре
	4. уникальный набор физико-химических свойств, применяемых при создании микросхем
	5. особая энергетическая диаграмма, способствующая возбуждению колебаний высокой частоты
	А- арсенид галлия
	Б- карбид кремния
ОПК-2	В- кремний
	Г- антимонид индия
	Д- кремний
	<i>Вопросы открытого типа:</i>
№ 1	Для каких целей используются проводниковые материалы
№ 2	Способность металлов и сплавов проводить электрический ток под действием внешнего электрического поля это ...
№ 3	Что такое свободная энергетическая зона?
№ 4	Какие проводящие электрический ток материалы жидким проводникам
№ 5	Какие вещества называются полупроводниками?
№ 6	От каких факторов зависит тангенс угла диэлектрических потерь?
№ 7	... является основной химической связью в диэлектриках
№ 8	Слоистый пластик на бумажной основе это ...
№ 9	Материалы, имеющие узкую петлю гистерезиса, применяемые для изготовления сердечников трансформаторов и электрических машин переменного тока называются ...
№ 10	Назовите основные характеристики магнитотвердых материалов
	<i>Вопросы закрытого типа:</i>
	№ 1 Какие из перечисленных утверждений являются правильными?
	1. Ферриты обладают высокой температурой точки Кюри
	2. Альнико используется для изготовления постоянных магнитов
	3. Комоль - это пластически деформируемый материал для изготовления магнитных лент
	4. Из супермаллоя изготавливают магнитные экраны
№ 2	Материалы с перемagnичиванием в слабых полях называют магнитотвердыми
	Неверным для ферромагнетиков (ферритов) является утверждение ...

1. Это изготавливаемые по керамической технологии неметаллические соединения окиси железа с оксидами других металлов.
2. Имеют доменную структуру при температурах ниже точки Нееля.
3. Их атомы или ионы образуют спонтанно намагниченные до предела домены.
4. Магнитные моменты отдельных подрешёток антипараллельны.
5. Обладают малым удельным электрическим
- Установите соответствие
- № 3
1. альнико
2. супермаллой
3. магнитодиэлектрики
4. пермендюр
- 5.комоль
- А- используется для изготовления постоянных магнитов
- Б- используется для изготовления магнитных экранов
- В- имеют наименьшие потери на вихревые токи
- Г- имеет наибольшую индукцию насыщения
- Д- используется при изготовлении роторов гистерезисных двигателей
- Какие материалы обладают перечисленными свойствами
- № 4
1. диэлектрики.
2. полупроводники
3. ферромагнетики
4. проводники
- А- Материалы, в которых электропроводность существенно зависит от внешних факторов
- Б- Материалы, свойства которых определяются наличием доменов
- В- материалы с удельной электрической проводимостью превышающей  $10 \cdot 10^5 \text{ См/м}$
- Г- Вещества с удельным электрическим сопротивлением превышающим  $100 \text{ МОм}\cdot\text{м}$
- По каким параметрам оценивается качество изоляционных диэлектриков?
- № 5
1. Высокая диэлектрическая проницаемость
2. Низкая диэлектрическая проницаемость

3. низкий тангенс угла потерь
4. высокое удельное сопротивление
5. Высокий тангенс угла потерь
- Низкое удельное сопротивление
- № 6 Выберите основные достоинства полупроводниковых материалов:
1. Стабильность свойств в различных условиях эксплуатации
  2. Высокая адгезия по отношению к проводникам
  3. Непосредственное преобразование параметров энергии внешней среды в электрические параметры
  4. Возможность значительного управления свойствами за счет изменения структуры и состава
  5. Малые габариты и вес полупроводниковых приборов
- № 7 Установите соответствие между типом примеси и видом носителей заряда
1. донорная
  2. акцепторная
  3. n-типа
  4. p-типа
- А- электроны
- Б- дырки
- В - и электроны и дырки
- Г-ионы
- № 8 Чем обусловлена  $i$ -проводимость полупроводников?
1. Движением электронов примеси
  - 2 Движением дырок примеси
  3. Движением электронов основного вещества
  4. Движением дырок основного вещества
  5. Перемещением диссоциированных ионов
  6. Изменением ширины запрещенной зоны
- № 9 Примесные атомы в полупроводнике, обуславливающие дырочную проводимость:
1. акцепторы
  2. доноры
  3. имеют валентность больше валентности основного материала

	4. имеют валентность меньше валентности основного материала
№ 10	5. имеют валентность, совпадающую с валентностью основного материала Какие из материалов являются термостабильными?
	1. медь
	2. константан
	3. германий
	4. серебро
	5. манганин
	пермендюр
<b>ОПК-3</b>	
	<i>Вопросы открытого типа:</i>
№ 1	Какой из материалов является наиболее экономичным криопроводником?
№ 2	Термопара имеет температурный коэффициент $\alpha T = 3 \text{ мВ/град}$  Вычислить величину ЭДС на концах термопары при изменении температуры на 40 град. Ответ целое число (мВ).
№ 3	Какой полупроводниковый элемент при освещённости меняет сопротивление?
№ 4	Добавление примеси в полупроводник приведет к ...
№ 5	Наибольшей индукцией насыщения ( $B_s = 2,4 \text{ Тл}$ ) из всех ферромагнетиков обладает ...
№ 6	... - это твердые кристаллические материалы с антипараллельной ориентацией магнитных моментов внутри каждого из доменов, у которых общий магнитный момент домена нулевой. Антипараллельная ориентация формируется при понижении температуры ниже точки Нееля.
№ 7	Какие ферромагнетики относят к магнитотвердым?
№ 8	Какие диэлектрики называются активными?
№ 9	Назовите две основные функции пассивных диэлектрических материалов в электрических и радиотехнических цепях
№ 10	По какому признаку классифицируются ферриты?
	<i>Вопросы закрытого типа:</i>
№ 1	Какими из перечисленных свойств обладает фторолон-4
	1. Полярный
	2. Неполярный
	3. Термореактивный
	4. Термопластичный
	5. Линейный
	Нелинейный
№ 2	По каким параметрам оценивается качество изоляционных диэлектриков?
	1. Низкая диэлектрическая проницаемость
	2. Низкий тангенс угла потерь
	3. Высокое удельное сопротивление
	4. Высокая диэлектрическая проницаемость
	5. Высокий тангенс угла потерь

- № 3 6. Низкое удельное сопротивление  
Какой из перечисленных керамических диэлектриков обладает наилучшими изоляционными свойствами?
1. Ультрафарфор
  2. Изоляторный фарфор
  3. Радиофарфор.
  4. Алуминооксид
- № 4 Какой из перечисленных материалов обладает наименьшим значением тангенса угла магнитного запаздывания?
1. Пермалой .
  2. Феррит
  3. Альнико
  4. Ферродиелектрик
  5. Динамная сталь
- № 5 Определить какие эффекты используются в перечисленных устройствах
1. датчик магнитной индукции
  2. термопара
  3. генератор высокочастотных колебаний
  4. холодильник
- А- Пельтье  
Б- Зеебека  
В- Ганна  
Г- Холла
- № 6 Какие носители заряда соответствуют указанному типу проводимости
1. i-типа
  2. n-типа
  3. p-типа
- А электроны  
Б- дырки  
В-и электроны и дырки  
Г-положительные ионы

- Д-отрицательные ионы
- № 7 Какая ширина запрещенной зоны при комнатной температуре в эВ соответствует арсениду галлия:
- 0,18
- 0,7
- 1,43
- 4,8
- № 8 Добавление донорных примесей в полупроводник позволяет
1. Повысить количество свободных электронов
  2. Повысить количество свободных дырок
  3. Понизить количество свободных дырок
  4. Понизить количество свободных электронов;
- Добавление донорных примесей не влияет на образование носителей заряда
- № 9 Расположите проводники в порядке увеличения сопротивления.
- А-Нихром
- Б-Манганин
- В-Железо
- Г-Медь
- Д- Серебро
- № 10 Вещества, плохо проводящие электрический ток по сравнению с металлами из-за отсутствия свободных носителей зарядов.

1. проводники
2. диэлектрики
3. ферриты
4. сегнетоэлектрики

#### **ОПК-6**

*Вопросы открытого типа:*

- № 1 Материалы, содержащие молекулы с преимущественно ковалентной связью, изменяющие сопротивление под воздействием внешних энергетических факторов это ...
- № 2 Примесные атомы в полупроводнике, обуславливающие проводимость n-типа это ...
- № 3 Тип химической связи характерный для полупроводников - ...
- № 4 Какие материалы отличаются большой удельной электропроводностью,  $\rho$ , и используются в устройствах в виде проводов, шин, контактных элементов?
- № 5 Криопроводимостью называются ...
- № 6 Термопара имеет температурный коэффициент  $\alpha_T = 3 \text{ мВ/град}$

Вычислить величину ЭДС на концах термопары при изменении температуры на 50град.

Ответ целое число. Укажите единицы измерения.



- № 7 Ширина запрещенной зоны диэлектриков составляет ...
- № 8 Какие диэлектрики называют термопластичными?
- № 9 Что понимают под поляризацией диэлектрика?
- № 10 Какой сплав является основой для изготовления постоянных магнитов, обладающих наибольшей удельной магнитной энергией?
- Вопросы закрытого типа:*
- № 1 Неверным для ферромагнетиков является утверждение ...

1. Магнитная проницаемость ферромагнетика – постоянная величина, характеризующая его магнитные свойства.
2. Ферромагнетиками называются твердые вещества, которые могут обладать спонтанной намагниченностью, то есть могут быть намагничены в отсутствие внешнего магнитного поля.
3. Для ферромагнетиков характерно явление магнитного гистерезиса: связь между магнитной индукцией (намагниченностью) и напряженностью внешнего магнитного поля оказывается неоднозначной и определяется предшествующей историей намагничивания ферромагнетика.

Для каждого ферромагнетика имеется температура, называемая температурой или точкой Кюри, при которой ферромагнитные свойства исчезают.

- № 2 Какие из перечисленных признаков характерны для магнитомягких ферромагнетиков?

1. Перемагничивание в относительно слабых полях
2. Высокое значение относительной магнитной проницаемости
3. Низкая механическая прочность
4. Высокое значение точки Нееля
5. Большие потери на гистерезис
6. Малое значение коэрцитивной силы

- № 3 Что называется

1. BS
2. Br
3. HC
4.  $\mu_a$

А- индукция насыщения

Б- остаточная индукция

В- коэрцитивная сила

Г- абсолютная магнитная проницаемость

- № 4 Выберите виды химических связей, удерживающих электроны в связанном состоянии

1. Б,В,Г

2. А,В,Г

3.А,Б,Г

А- Донорно-акцепторная

Б- Ионная

В- Металлическая

Г- Молекулярная

№ 5 Какой из перечисленных диэлектриков обладает наилучшей проводимостью в условиях повышенной влажности?

1. Кварцевое стекло

2. Полистирол

3. Микалекс

4. Церезин

5. Фенопласт

№ 6 Как можно оценить электрические потери от токов смещения?

1. Величиной Джоулева тепла в единицу времени

2. По площади гистерезисного цикла поляризации (с учетом масштабов по осям)

3. Как произведение напряжения на ток через диэлектрик

По энергии диссоциации и переноса ионов

№ 7 Каковы основные причины проводимости твердых диэлектриков?

1. Наличие свободных электронов в зоне проводимости

2. Диффузионный ток носителей заряда

3. Смещение дипольных молекул

4. Наличие примесей и загрязнений

5. Электрохимическое старение

6. Ударная ионизация молекул

№ 8 Расположите проводники в порядке уменьшения сопротивления.

Серебро, Алюминий, Железо, Константан, Нихром

№ 9 **Какие примеси для кремния являются донорными?**

1-мышьяк

2-сурьма

3-индий

4-йод

Физические основы электропроводности собственных полупроводников. Какие из перечисленных утверждений являются правильными?

1. Собственный полупроводник не содержит примесей, влияющих на его электропроводимость.
2. Количество активированных электронов зависит от интенсивности внешнего энергетического воздействия.
3. Электропроводность собственных полупроводников обеспечивается зарядами противоположных знаков.
4. Собственный полупроводник содержит примеси донорного и акцепторного типа.

Количество электронов у собственных полупроводников существенно больше количества дырок.