

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
(ВлГУ)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор
по учебно-методической работе
А. А. Панфилов
« » 2015 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«Материалы электронных средств»

Направление подготовки: 11.03.03 "Конструирование и технология электронных средств"

Профиль подготовки - "Проектирование и технология электронных средств"

Уровень высшего образования: бакалавриат

Форма обучения: очная

| Семестр | Трудоёмкость зач. ед./час | Лекций, час. | Практ. занятий, час. | Лабор. работ, час. | СРС, час. | Форма промежуточного контроля (экс/зачёт) |
|---------------|------------------------------|-----------------|----------------------------|--------------------------|--------------|--|
| 4 | 3/108 | 18 | 18 | | 72 | зачёт |
| 5 | 5/180 | 36 | | 18 | 90 | экзамен (36час.) |
| Итого: | 8/288 | 54 | 18 | 18 | 162 | зачёт, экзамен (36час.) |

Владимир 2015



1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения дисциплины «Материалы электронных средств» являются:

- формирование у студентов знаний о свойствах материалов электронных средств; закономерностях изменения свойств при взаимодействии материалов с электрическими, магнитными, механическими, тепловыми полями; основных параметрах, используемых для оценки свойств и возможности применения материалов в производстве электронных средств;

- приобретение студентами навыков расчёта параметров, характеризующих функциональные свойства материалов электронных средств, обоснованного выбора материалов, исходя из назначения и условий эксплуатации изделия; оценки поведения материалов при изменении условий эксплуатации;

- формирование представлений о перспективах разработки и использования новых материалов в соответствии с основными направлениями развития микроэлектроники и нанoeлектроники.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Материалы электронных средств» относится к базовой части ОПОП ВО (код Б1.Б.19) и изучается в 4 и 5 семестрах. Необходимые для освоения дисциплины знания, умения и готовности обучающегося приобретаются в результате изучения физики, химии, физико-химических процессов в технологии электронных средств. Освоение данной дисциплины необходимо для изучения курсов «Технология конструктивных элементов электронных средств», «Конструирование электронных средств», «Конструкторско-технологическое проектирование ячеек электронных средств», «Тепломассообмен и защита электронных средств от климатических воздействий».

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

| Коды компетенций по ФГОС | Компетенции | Планируемые результаты обучения |
|--------------------------|--|--|
| ОПК-6 | Способность осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий | Владеть: навыками поиска и использования источников информации для анализа функциональных, технологических и потребительских свойств материалов электронных средств |
| ПК-3 | Готовность формировать презентации, научно-технические отчеты по результатам выполненной работы, оформлять результаты исследований в виде статей и докладов на научно-технических конференциях | Владеть: готовностью представлять результаты информационного поиска по тенденциям развития материаловедения в области микро- и нанoeлектроники в виде отчетов и презентаций |

| | | |
|-------|---|--|
| ПК-5 | Готовность осуществлять сбор и анализ исходных данных для расчета и проектирования деталей, узлов и модулей электронных средств | <p>Знать: классификационные группы материалов электронных средств, состав, структуру и основные свойства конструкционных диэлектрических, проводниковых, полупроводниковых, магнитных и других материалов электронных средств, взаимосвязь их строения и свойств</p> <p>Уметь: рассчитывать основные параметры материалов конструкций электронных средств.</p> <p>Владеть: навыками анализа основных параметров материалов конструкций электронных средств, необходимых для расчета и проектирования деталей, узлов и модулей</p> |
| ПК-15 | Готовность выполнять задания в области сертификации технических средств, систем, процессов и материалов | <p>Знать: основные параметры, характеризующие функциональные, технологические и потребительские свойства материалов электронных средств.</p> |

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 8 зачётных единицы, 288 часов.

| № п/п | Раздел (тема) дисциплины | Семестр | Неделя семестра | Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах) | | | | | Объем учебной работы, с применением интерактивных методов (в часах / %) | Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра), форма промежуточной аттестации (по семестрам) | |
|-----------|---|---------|-----------------|--|----------------------|---------------------|--------------------|-----|---|---|---------------------|
| | | | | Лекции | Практические занятия | Лабораторные работы | Контрольные работы | СРС | | | КП / КР |
| 4 семестр | | | | | | | | | | | |
| 1 | Состав и структура материалов | 4 | 1-4 | 4 | 2 | | | 6 | | 1,5/25 | Рейтинг-контроль №1 |
| 2 | Общая характеристика свойств материалов электронных средств | 4 | 5-10 | 6 | 6 | | | 6 | | 3/25 | Рейтинг-контроль №2 |
| 3 | Свойства электротехнических материалов электронных средств | 4 | 11-18 | 8 | 10 | | | 6 | | 6,5/36 | Рейтинг-контроль №3 |
| Итого: | | 4 | 18 | 18 | 18 | | | 72 | | 11/31 | Зачёт |
| 5 семестр | | | | | | | | | | | |
| 4 | Конструкционные материалы | 5 | 1-6 | 12 | | 4 | | 12 | | 5/28 | Рейтинг-контроль №1 |
| 5 | Проводниковые | 5 | 7,8 | 4 | | 4 | | 12 | | 2,5/31 | |

| | | | | | | | | | | | |
|--------|-----------------------------|-----|--------|----|----|----|--|-----|--|--------|-------------------------|
| | материалы | | | | | | | | | | |
| 6 | Магнитные материалы | 5 | 9-11 | 6 | | 4 | | 8 | | 2,5/25 | |
| 7 | Полупроводниковые материалы | 5 | 12, 13 | 4 | | | | 8 | | 1/25 | Рейтинг-контроль №2 |
| 8 | Диэлектрические материалы | 5 | 14-16 | 6 | | 6 | | 12 | | 4/33 | |
| 9 | Наноматериалы | 5 | 17, 18 | 4 | | | | 8 | | 1/25 | Рейтинг-контроль №3 |
| Итого: | | 5 | 18 | 36 | | 18 | | 90 | | 16/30 | экзамен (36час.) |
| Всего: | | 4,5 | 36 | 54 | 18 | 18 | | 162 | | 27/30 | зачёт, экзамен (36час.) |

4.1. Теоретический курс: содержание разделов и тем дисциплины

4 семестр

Введение

Общая характеристика, цель и задачи изучения дисциплины, ее место и роль в системе подготовки бакалавров по направлению 11.03.03 "Конструирование и технология электронных средств". Значение материалов в создании электронных средств. Общие требования, предъявляемые к материалам электронных средств. Тенденция создания новых материалов. Оценка перспектив их применения.

Раздел 1. Состав и структура материалов

1.1 Состав материалов Химический состав и химическая природа материалов; металлы, полуметаллы, неметаллы; использование вещества в элементарном состоянии. Сплавы и интерметаллические химические соединения, органические и неорганические химические соединения. Типы химической связи и их взаимосвязь со свойствами материалов; проводники, полупроводники, диэлектрики. Роль примесей, контролируемые и неконтролируемые примеси, легирование.

1.2 Структура материалов Основные структурирующие признаки. Степень упорядоченности структуры. Монокристаллические, поликристаллические и некристаллические материалы. Типы кристаллических решеток. Индексация плоскостей и направлений. Анизотропия. Полиморфизм. Дефекты кристаллического строения (точечные, линейные, поверхностные). Влияние дефектов на электрические и физико-механические свойства материалов. Структура материалов и анизотропия свойств, текстура. Понятия: фаза, компонент, система. Аморфное и стеклообразное состояние материалов.

1.3. Особенности структуры металлов и сплав. Классификация металлов. Микро- и макроструктура. Влияние нагрева на структуру и свойства деформированного металла. Фазы и структуры сплавов. Типы фаз, образующихся в сплавах (твердые растворы, химические соединения, промежуточные фазы, гетерогенные структуры). Аморфные металлы, основные преимущества. Термическая обработка металлов и сплавов. Сущность термической обработки и классификация методов (отжиг первого рода, отжиг второго рода, нормализация, закалка, отпуск, старение, химико-термическая и термомеханическая обработки).

Раздел 2. Общая характеристика свойств материалов электронных средств

2.1. Классификация свойств материалов. Функциональные, технологические и потребительские свойства материалов. Изотропные и анизотропные свойства. Структурно - устойчивые и структурно - чувствительные свойства. Усредненные и экстремальные свойства. Статистически - вероятностные и фундаментальные свойства. Простые и сложные свойства.

2.2. Основные свойства материалов электронных средств. Механические свойства материалов и их связь со строением. Теплофизические свойства материалов. Учет теплофизических свойств при проектировании электронных средств. Оптические свойства и их зависимость от строения материалов. Электрические свойства материалов и их зависимость от состава и структуры. Магнитные свойства и их связь со строением материалов. Общая классификация материалов по типу химической связи, особенностям структуры, химическому составу, электропроводности, назначению; их применение в электронных средствах.

Раздел 3. Свойства электротехнических материалов электронных средств

3.1 Электро-и теплофизические свойства металлов и сплавов Электропроводность и электрическое сопротивление; концентрация, подвижность и средняя длина свободного пробега носителей заряда; температурный коэффициент сопротивления. Основные свойства и параметры проводниковых материалов. Влияние на удельное электрическое сопротивление проводников примесей, температуры, деформации, частоты электромагнитного поля. Материалы высокого удельного сопротивления их состав, структура, свойства. Теплоемкость и теплопроводность металлов. Температурный коэффициент линейного расширения металлов и сплавов. Зависимость теплопроводности и температурного коэффициента расширения от особенностей строения материалов.

3.2. Магнитные свойства материалов Классификация материалов по магнитным свойствам. Ферро - и ферромагнетики, их основные свойства. Процессы намагничивания и перемагничивания. Гистерезис, параметры петли гистерезиса. Особенности поведения магнитных материалов в переменном магнитном поле (скин-эффект, глубина проникновения поля и ее зависимость от магнитной проницаемости и частоты поля). Потери при перемагничивании в постоянном и переменном магнитных полях. Зависимость свойств магнитных материалов от состава и структуры материала, температуры, давления и др. Магнитная анизотропия. Магнитострикция. Магниторезистивный эффект, эффект Фарадея.

3.3. Физические процессы в диэлектриках и их свойства Основные электрические свойства диэлектриков. Поляризация диэлектриков, ее сущность. Виды поляризации. Зависимость диэлектрической проницаемости от различных факторов. Электропроводность диэлектриков, физическая сущность электропроводности различных диэлектриков. Поверхностная электропроводность твердых диэлектриков. Влияние различных факторов на электропроводность. Диэлектрические потери. Мощность потерь. Тангенс угла диэлектрических потерь. Влияние различных факторов на диэлектрические потери. Высоко- и низкочастотные диэлектрики. Пробой диэлектриков. Виды пробоя и их физическая сущность. Влияние на электрическую прочность толщины и однородности диэлектрика, температуры и влажности окружающей среды, времени пребывания в электрическом поле.

3.4. Основные параметры и свойства полупроводниковых материалов Основные свойства и параметры полупроводниковых материалов (удельное электрическое сопротивление, ширина запрещенной зоны, концентрация носителей заряда, подвижность носителей заряда) и их зависимость от состава, структуры и внешних факторов. Принципы технологии производства полупроводниковых материалов. Классификация полупроводниковых материалов (простые вещества, органические и неорганические химические соединения; композиционные материалы).

5 семестр

Раздел 4. Конструкционные материалы

4.1. Конструкционные стали. Общие требования к конструкционным материалам. Черные металлы и сплавы. Фазовые составляющие в сплавах системы железо – углерод. Классификация сталей по составу и качеству. Углеродистые и легированные стали. Стали общего и специального назначения. Стали с особыми свойствами. Сортаменты. Применение.

4.2 Цветные металлы и сплавы на их основе в конструкциях ЭС. Алюминий и сплавы на

его основе (деформируемые и литейные), области применения, способы коррозионной защиты. Медь и сплавы на ее основе (латуни, бронзы, медно-никелевые сплавы). Титан и сплавы на его основе. Сплавы с памятью формы. Магний и сплавы на его основе.

4.3. Общая характеристика пластмасс. Общие свойства. Состав, структура, степень кристалличности, полярность и их влияние на свойства. Механические свойства аморфных и кристаллических полимерных материалов.

4.4. Конструкционные пластмассы и их применение в ЭС. Термопласты и реактопласты, их свойства. Классификация пластмасс по эксплуатационному назначению: пластмассы для работы при действии кратковременной или длительной механической нагрузки, при низких температурах, пластмассы антифрикционного назначения, тепло- и звукоизоляционного назначения, для получения прозрачных изделий, для работы в агрессивных средах.

Раздел 5. Проводниковые материалы

5.1. Материалы высокой электрической проводимости. Основные свойства и параметры проводниковых материалов. Материалы высокой проводимости (медь, алюминий, серебро, золото). Основные требования к ним. Проводниковые сплавы. Электрические и технологические свойства. Применение. Сверхпроводящие материалы. Основные свойства. Применение. Проводящие пасты. Требования к ним. Состав паст. Применение в ЭС.

5.2. Проводниковые материалы высокого электрического сопротивления Материалы высокого удельного сопротивления для резистивных элементов; их состав, структура, свойства. Материалы высокой нагревостойкости. Материалы для нагревательных элементов и термопар. Тензорезистивные материалы. Материалы на основе графита. Материалы для тонко- и толстопленочных резисторов.

Раздел 6. Магнитные материалы

6.1. Классификация, особенности строения и свойства магнитных материалов. Классификация материалов по магнитным свойствам. Ферро- и ферримагнетики, их основные свойства. Потери при перемагничивании в постоянном и переменном магнитных полях. Зависимость свойств магнитных материалов от состава и структуры материала, температуры, давления и др. Магнитная анизотропия. Магнитострикция. Магниторезистивный эффект.

Классификация магнитных материалов по назначению, структуре и составу.

6.2. Магнитомягкие материалы. Общие закономерности, определяющие свойства магнитомягких материалов. Низкочастотные магнитомягкие материалы: технически чистое железо, электротехнические стали, пермаллои, альсиферы. Сплавы с прямоугольной петлей гистерезиса. Способы получения. Применение. Термомагнитные материалы. Магнитострикционные материалы. Высокочастотные магнитомягкие материалы: магнитодиэлектрики, ферриты. Особенности свойств. Применение. Ферриты с прямоугольной петлей гистерезиса (спонтанной и индуцированной). Материалы для устройств на ЦМП. Аморфные магнитные пленки.

6.3. Магнитотвёрдые материалы. Основные характеристики и особенности структуры магнитотвёрдых материалов. Стабильность свойств. Применение. Металлические литейные магнитотвёрдые материалы. Деформируемые магнитотвёрдые сплавы. Порошковые магнитотвёрдые материалы. Ферритовые магнитотвёрдые материалы и их применение в ЭС. Материалы для магнитной записи информации.

Раздел 7. Полупроводниковые материалы

7.1. Основные свойства и классификация полупроводниковых материалов. Основные свойства и параметры полупроводниковых материалов и их зависимость от состава, структуры и внешних факторов. Принципы технологии производства полупроводниковых материалов. Классификация полупроводниковых материалов (простые вещества, органические и неорганические химические соединения; композиционные материалы).

7.2. Простые (одноэлементные) полупроводники. Простые одноэлементные полупровод-

никовые материалы. Селен. Германий. Алмаз. Кремний. Полупроводниковые модификации углерода. Свойства, получение и области применения.

7.3 Полупроводниковые соединения. Неорганические химические соединения типа $A^{II} B^{VI}$, $A^{III} B^V$, $A^{IV} B^{IV}$. Свойства и области применения. Окисные полупроводники и области их применения. Органические полупроводники, их свойства и области применения. Свойства аморфных полупроводников.

Раздел 8. Диэлектрические материалы

8.1. Особенности строения и свойства диэлектриков. Основные электрические свойства диэлектриков. Поверхностная электропроводность твердых диэлектриков. Влияние различных факторов на электропроводность. Диэлектрические потери. Влияние различных факторов на диэлектрические потери. Высоко- и низкочастотные диэлектрики. Пробой диэлектриков. Физико-химические свойства диэлектриков: гигроскопичность, влагопроницаемость, радиационная стойкость, растворимость и др. Теплофизические свойства диэлектриков: нагревостойкость, морозостойкость, теплопроводность, тепловое расширение.

8.2. Неорганические диэлектрические материалы. Стекла. Структура, свойства, классификация. Влияние химического состава. Стеклокристаллические материалы - ситаллы. Керамические диэлектрические материалы. Зависимость диэлектрических свойств от состава и строения. Установочная керамика. Состав, свойства, применение. Конденсаторная керамика. Сегнетокерамика. Пьезокерамика.

8.3 Органические диэлектрические материалы. Электротехнические пластмассы и их применение в электронных средствах. Термопласты (полиэтилен, полипропилен, полистирол, поливинилхлорид, полиамиды, фторопласты и др.). Композиционные пластмассы: пресс-порошковые волокиты, слоистые пластики. Краткие сведения о технологии получения и применения органических твердых диэлектриков. Материалы гибких пленок. Лаки и эмали, компаунды. Клеи и герметики. Жидкие кристаллы и их применение.

Раздел 9. Наноматериалы

9.1. Особенности строения наноматериалов. Наноструктуры и наноструктурные материалы: фуллерены, нанотрубки, аморфные металлические сплавы, нанокристаллические и квазикристаллические материалы. Структура квазикристаллов. Структура аморфных твердых тел и нанокристаллических материалов.

9.2. Свойства и применение наноматериалов в электронных средствах. Физико-химические свойства фуллеренов и нанотрубок. Практическое использование. Свойства нанокристаллов. Области применения. Свойства и применение аморфных металлических сплавов. Свойства нанокристаллических материалов. Металлические композиционные наноматериалы. Наноструктурированная керамика. Углеродные наноматериалы. Нанопористые полимерные материалы. Применение наноматериалов в ЭС.

4.2. Практические занятия

4 семестр

Практические занятия (семинары), являясь формой индивидуально-группового обучения, имеют целью углубление и закрепление знаний, полученных в процессе самостоятельной работы, а также способствуют выявлению преподавателем уровня подготовки каждого студента и его возможностей. Целью практических занятий является освоение методик расчета параметров, характеризующих функциональные свойства проводниковых, диэлектрических, магнитных материалов конструкций электронных средств.

Тематика практических занятий

1. Электропроводимость металлов.
2. Электропроводимость сплавов.
3. Теплофизические свойства проводниковых материалов.
4. Анализ механизмов поляризации диэлектриков.

5. Объёмная и поверхностная электропроводимость диэлектриков.
6. Диэлектрические потери в диэлектриках.
7. Свойства и применение активных диэлектриков в электронных средствах.
8. Расчет параметров магнитных свойств ферромагнетиков.
9. Перспективы применения наноматериалов в электронных средствах.

4.3 Лабораторные занятия

5 семестр

Лабораторные занятия имеют целью углубление и закрепление знаний, полученных на лекциях и в процессе самостоятельной работы, а также способствуют выявлению преподавателем уровня подготовки каждого студента и его возможностей.

Перечень лабораторных работ

1. Анализ и классификация свойств материалов электронных средств.
2. Анализ свойств проводниковых материалов.
3. Анализ электрофизических свойств диэлектрических материалов.
4. Исследование магнитных свойств низкочастотных магнитомягких материалов.

Отчеты по лабораторным работам индивидуальные и должны соответствовать требованиям стандартов. Защита выполненных лабораторных работ проводится во время лабораторных занятий. Студенты допускаются к выполнению следующей лабораторной работы после защиты выполненной работы.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Предусматривается использование активных и интерактивных форм обучения при проведении лекционных, практических и лабораторных занятий. На практических занятиях также используется проблемно-ориентированный подход, стимулирование активности путём привлечения к обсуждению проблем, возникающих в процессе выполнения заданий, на лабораторных занятиях применяются мультимедиа технологии (видеофильмы, презентации электронные альбомы и др.). Занятия проводятся в аудиториях 331-3, оборудованных техническими средствами для использования мультимедиа технологий (видеоматериалы, слайды) и 324-3, оборудованной компьютерной техникой и средствами для использования мультимедиа технологий. В процессе подготовки к занятиям студенты имеют возможность работать в Интернете, пользуясь ресурсами компьютерных классов кафедры (330-3,503-3).

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Оценочные средства для текущего контроля успеваемости:

- а) устный опрос студентов на лекциях по изучаемому материалу;
- б) оценка выполнения заданий на практических занятиях;
- б) оценка выполнения и защиты лабораторных работ;
- г) оценка выполнения расчётно-графических работ;
- д) проведение рейтинг – контроля.

Перечень вопросов для рейтинг - контроля

4 семестр

Рейтинг-контроль № 1

1. Структура материалов. Основные структурирующие признаки.

2. Какие различия между монокристаллическими, поликристаллическими и аморфными материалами?
3. Типы кристаллических решеток
4. Влияние дефектов кристаллического строения на электрические и физико-механические свойства материалов.
5. Структура материалов и анизотропия свойств, текстура.
6. Какие свойства называют функциональными (технологическими, потребительскими)? Приведите примеры.
7. Приведите примеры сложных свойств материала, проявляющихся при воздействии полей нескольких видов.
8. Проведите классификацию материалов по их поведению в электрическом (магнитном) поле. Приведите примеры.
9. Приведите примеры механических (оптических, химических, электрических, магнитных) свойств материалов.
10. Механические свойства материалов (деформационные, прочностные, фрикционные, акустические) и их связь со строением.
11. Зависимость теплопроводности и температурного коэффициента расширения от особенностей строения материалов.
12. Оптические свойства и их зависимость от строения материалов

Рейтинг-контроль №2

1. Как сказываются размерные эффекты на электропроводности пленочных материалов и ее зависимости от температуры?
2. От каких факторов зависит электропроводность композиционных материалов?
3. Как зависит удельное сопротивление сплавов от состава?
4. Почему удельное сопротивление металлов увеличивается с повышением температуры?
5. Объясните зависимость удельного сопротивления тонких металлических пленок от их толщины?
6. Объясните поведение проводников в электромагнитном поле на высоких частотах?
7. Какие металлы и в каких условиях могут переходить в состояние сверхпроводимости?
8. Как и почему изменяется удельное сопротивление металлов при механических воздействиях (сжатие, растяжение, изгиб, пластическая деформация)?
9. Почему при термической закалке удельное сопротивление металлов возрастает, а при термическом отжиге - уменьшается?
10. Объясните зависимость удельного сопротивления тонких металлических пленок от их толщины?

Рейтинг-контроль №3

1. Какие материалы называют диэлектрическими?
2. С какими механизмами поляризации связаны диэлектрические потери?
3. Поясните смысл понятий угол и тангенс угла диэлектрических потерь.
4. Какие причины вызывают появление тока утечки в диэлектриках?
5. Какие причины вызывают изменение диэлектрической проницаемости и тангенса угла потерь при изменении температуры?
6. Какие причины вызывают изменение сопротивления изоляции при изменении температуры?
7. Как зависит ток утечки диэлектриков от температуры и почему?
8. Какие виды поляризации можно считать мгновенными, а какие замедленными? Установите взаимосвязь между видами поляризации и механизмом диэлектрических потерь.

9. Какие механизмы пробоя твердых диэлектриков Вам известны? Каковы условия появления каждого из них? Почему значение пробивного напряжения не характеризует электрическую прочность диэлектрика?
10. Какой механизм пробоя характерен для диэлектриков при импульсном воздействии высокого напряжения?
11. Объясните природу ферромагнетизма.
12. Объясните причины образования магнитного гистерезиса.
13. Объясните зависимость магнитной проницаемости ферромагнетика от напряженности магнитного поля.
14. Чем отличаются статическая и динамическая петли гистерезиса.
15. Какие виды потерь характерны для ферромагнетиков?

5 семестр

Рейтинг-контроль № 1

1. Какие материалы называют электротехническими (конструкционными, технологическими)? Приведите примеры таких материалов.
2. Приведите классификацию сталей по составу.
3. Приведите классификацию сталей по качеству.
4. Какие характеристики стали могут быть отражены в ее марке?
5. Почему повышение концентрации углерода приводит к повышению твердости?
6. В чём состоит отличие бронзы от латуни? Укажите основные преимущества и недостатки бронз по сравнению с латунями.
7. Какими преимуществами и недостатками обладают сплавы алюминия по сравнению с чистым алюминием?
8. Что такое эффект запоминания формы? Назовите основные материалы с памятью формы, а также укажите возможные области применения таких материалов.
9. Кратко охарактеризуйте основные свойства и области применения цинка и сплавов на его основе.
10. Какие свойства пластмасс позволяют широко применять их в различных конструкциях?
11. Назовите основные преимущества керамики перед пластмассами.
12. Назовите неметаллические конструкционные материалы и укажите их применение в электронных средствах.
13. Чем обусловлены невысокие механические и теплофизические показатели полиэтилена?
14. Какие виды связующих веществ в термореактивных пластмассах вы знаете?
15. С чем связана повышенная гигроскопичность волокнистых и слоистых пластмасс?
16. Что вы знаете о газонаполненных пластмассах?

Рейтинг-контроль №2

1. Какими преимуществами и недостатками по сравнению с алюминием обладает медь как проводниковый материал?
2. Известно, что медь бывает мягкая (марки ММ) и твёрдая (марки МТ). Какой из этих двух видов меди используется в электротехнике как основной проводниковый материал и чем обусловлено это предпочтение одного вида другому?
3. В чём состоят основные недостатки алюминия как электротехнического материала?
4. Объясните, почему различаются удельные сопротивления отожжённой и холоднокатаной меди?
5. Какие металлы могут переходить в состояние сверхпроводимости?
6. Сформулируйте условия, благоприятные для возникновения ферромагнетизма.
7. Объясните природу ферромагнетизма.
8. Какими магнитными свойствами характеризуются магнитомягкие материалы?

9. Чем отличаются статическая и динамическая петли гистерезиса .
10. Какие виды потерь характерны для ферромагнетиков?
11. Почему металлические ферромагнетики применяются только на низких частотах?
12. По каким признакам материалы можно отнести к магнитомягким?
13. По каким признакам материалы можно отнести к магнитотвёрдым?
14. Для каких целей применяются магнитотвёрдые материалы?
15. Для каких целей применяются магнитомягкие материалы?

Рейтинг-контроль №3

1. Почему для изготовления большинства полупроводниковых приборов требуется монокристаллические материалы?
2. Какие преимущества кремния обуславливают его широкое применение при изготовлении интегральных микросхем?
3. Какие полупроводниковые материалы используются в качестве люминофоров?
4. Какие преимущества имеют полупроводниковые многокомпонентные твердые растворы при создании гетеропереходов?
5. Какие полупроводниковые соединения называются халькогенидами?
6. Какие материалы называют диэлектрическими?
7. С какими механизмами поляризации связаны диэлектрические потери?
8. Какие причины вызывают появление тока утечки в диэлектриках?
9. Почему полярные диэлектрики обладают, как правило, низкой морозостойкостью?
10. Почему полимеры с линейной и разветвлённой структурой молекул редко используются как изоляторы?
11. Каковы основные области применения слоистых пластиков в электронике?
12. Что вы знаете о полиимидах?
13. Процентным содержанием, какой фазовой составляющей, в первую очередь, определяется качество керамического материала?
14. Какие характерные особенности позволили керамическим материалам найти широкое применение именно как электроизоляционным материалам?
15. Каковы основные области применения наноматериалов в электронике?

Зачёт

4 семестр

Студент должен продемонстрировать знание основных законов физической природы материалов, структуры и основных свойств диэлектрических, проводниковых, полупроводниковых, магнитных материалов конструкций электронных средств, взаимосвязь их строения и свойств. Студент должен уметь оценивать основные параметры материалов конструкций электронных средств, необходимые для расчета и проектирования деталей, узлов и модулей электронных средств

Вопросы к зачёту

1. Химический состав материалов. Металлы, полуметаллы, неметаллы. Использование вещества в элементарном состоянии. Сплавы и интерметаллические химические соединения, органические и неорганические химические соединения.
2. Типы химической связи и их взаимосвязь со свойствами материалов; проводники, полупроводники, диэлектрики. Роль примесей, контролируемые и неконтролируемые примеси.
3. Структура материалов. Основные структурирующие признаки. Степень упорядоченности структуры. Монокристаллические, поликристаллические и некристаллические материалы. Типы кристаллических решеток. Понятие о полиморфизме. Влияние дефектов кристаллического строения на электрические и физико-механические свойства материалов. Структура материалов и анизотропия свойств, текстура.

4. Классификация свойств материалов. Функциональные, технологические и потребительские свойства материалов.
5. Механические свойства материалов (деформационные, прочностные, фрикционные, акустические) и их связь со строением.
6. Теплофизические свойства материалов (способность отводить тепло, тепловое расширение, устойчивость к воздействию повышенных температур). Зависимость теплопроводности и температурного коэффициента расширения от особенностей строения материалов. Учет теплофизических свойств при проектировании ЭС.
7. Оптические свойства и их зависимость от строения материалов. Прозрачность, блеск, цвет, отражательная способность.
8. Электрические свойства материалов и их зависимость от состава и структуры. Электропроводность и электрическое сопротивление; концентрация, подвижность и средняя длина свободного пробега носителей заряда; температурный коэффициент сопротивления.
9. Магнитные свойства и их связь со строением материалов. Диамагнетики, парамагнетики, ферромагнетики, антиферромагнетики, и ферримагнетики.
10. Общая классификация материалов по типу химической связи, особенностям структуры, химическому составу, электропроводности, назначению.
11. Формирование структуры металлов при кристаллизации.
12. Фазы и структуры сплавов. Типы фаз, образующихся в сплавах (твердые растворы, химические соединения, промежуточные фазы).
13. Магнитные свойства и их связь со строением материалов и сплавов. Явление сверхпроводимости. Температурные зависимости электропроводности металлов и сплавов.
14. Размерные эффекты в металлических тонких пленках. Сопротивление проводников на высоких частотах.
15. Теплофизические свойства металлов. Теплоемкость и теплопроводность металлов. Закон Видемана-Франца. Контактная термо - э.д.с. Температурный коэффициент линейного расширения металлов и сплавов.
16. Механические (прочность, жесткость, пластичность, твердость и др.) свойства металлов и зависимость их от структуры. Химические свойства металлов и сплавов.
17. Сверхпроводниковые материалы (металлы, сплавы, керамики). Свойства сверхпроводников.
18. Основная кривая намагничивания и магнитная проницаемость ферромагнитного материала.
19. Процесс перемагничивания при квазистатическом изменении магнитного поля. Магнитный гистерезис и параметры, определяемые по петле гистерезиса. Энергия намагниченного тела.
20. Магнитные свойства материалов в переменных магнитных полях. Виды потерь энергии в ферромагнетике при перемагничивании его переменным магнитным полем. Форма динамической петли гистерезиса. Зависимость магнитной проницаемости от частоты.
21. Зависимость свойств магнитных материалов от состава и структуры материала, температуры, деформации и др. Магнитная анизотропия. Магнитострикция. Магниторезистивный эффект. Зависимость параметров магнитных материалов от температуры. Термомагнитные материалы.
22. Определение и классификация полупроводниковых материалов по химическому составу и структуре.
23. Основные свойства и параметры полупроводниковых материалов (удельное электрическое сопротивление, ширина запрещенной зоны, концентрация носителей заряда) и их зависимость от состава, структуры и внешних факторов. Принцип технологии производства полупроводниковых материалов и приборов.
24. Определение и классификация диэлектрических материалов по составу, структуре, агрегатному состоянию. Поляризация диэлектриков, ее сущность. Виды поляризации. За-

висимость диэлектрической проницаемости от различных факторов. неполярные и полярные диэлектрики.

25. Пьезоэлектрики. Спонтанная поляризация. Пиро - и сегнетоэлектрики. Электрический гистерезис. Области применения активных диэлектриков.

26. Электропроводность диэлектриков. Диэлектрические потери. Мощность потерь. Тангенс угла диэлектрических потерь. Пробой диэлектриков. Виды пробоя и их физическая сущность. Влияние на электрическую прочность толщины и однородности диэлектрика, температуры и влажности окружающей среды, времени пребывания в электрическом поле.

Экзамен

5 семестр

Экзамен проводится по билетам. Студент должен продемонстрировать знание основных свойств материалов электронных средств и параметров, используемых для оценки свойств. Студент должен знать физическую сущность явлений, происходящих в материалах в условиях производства и эксплуатации, уметь оценивать поведение материалов при изменении условий эксплуатации и обоснованно выбирать материал, исходя из назначения и условий эксплуатации изделия. Студент должен знать перспективы разработки и использования новых материалов в соответствии с основными направлениями развития микроэлектроники и нанoeлектроники.

Вопросы к экзамену

1. Значение материалов в создании электронных средств. Общие требования, предъявляемые к материалам электронных средств.
2. Классификация свойств материалов. Функциональные свойства материалов электронных средств.
3. Технологические свойства материалов электронных средств.
4. Общие требования к конструкционным материалам.
5. Черные металлы и сплавы. Стали. Основные фазовые составляющие в сплавах на основе Fe.
6. Сущность термической обработки и классификация методов. Влияние различных видов обработки на структуру и свойства материалов.
7. Классификация сталей по составу и качеству.
8. Конструкционные стали общего назначения. Углеродистые и легированные стали. Стали специального назначения. Сортаменты.
9. Медь и сплавы на ее основе (латуни, бронзы, медно-никелевые сплавы). Свойства, применение.
10. Алюминий и сплавы на его основе (деформируемые и линейные), области применения, способы коррозионной защиты.
11. Титан, магний, никель, цинк и сплавы на их основе. Области применения.
12. Классификация полимерных материалов по составу, форме макромолекул, фазовому состоянию, отношению к нагреву, полярности.
13. Пластмассы. Состав, структура. Общие свойства.
14. Термопласты и реактопласты, их свойства и применение.
15. Газонаполненные пластмассы и их применение.
16. Резиновые материалы, состав, свойства, области применения.
17. Керамика. Общие свойства. Сырьевые материалы. Строение керамики. Достоинства и недостатки керамических изделий.
18. Виды керамики. Керамика на основе оксидов. Бескислородная керамика. Свойства, применение.
19. Классификация проводниковых материалов по применению в электронных средствах.

20. Требования к материалам высокой электропроводности различного назначения в электронных средствах. Материалы высокой проводимости (золото, медь, алюминий, серебро). Основные свойства. Применение.
21. Тугоплавкие проводниковые материалы (вольфрам, молибден и др.) и их применение.
22. Легкоплавкие проводниковые материалы. Основные свойства. Применение в производстве электронных средств.
23. Проводящие пасты Состав паст. Применение в электронных средствах.
24. Применение материалов высокого электрического сопротивления в электронных средствах. Требования к резистивным материалам. Материалы для резистивных и нагревательных элементов Их состав, структура, свойства. Материалы для термопар.
25. Резистивные материалы на основе графита. Материалы для пленочных резисторов. Свойства. Применение. Материалы для толстопленочных резисторов.
26. Сверхпроводниковые материалы (металлы, сплавы, керамики). Свойства сверхпроводников. Применение.
27. Магнитные материалы. Ферро - и ферромагнетики, их основные свойства.
28. Основная кривая намагничивания и магнитная проницаемость ферромагнитного материала.
29. Зависимость свойств магнитных материалов от состава и структуры материала, температуры, деформации и др.
30. Классификация магнитных материалов по назначению, структуре и составу.
31. Магнитомягкие материалы, их характеристики и специфические параметры.
32. Магнитомягкие низкочастотные материалы: технически чистое железо, пермендюр, электротехнические (кремнистые) стали, пермаллой, альсифер, альфенол, аморфные сплавы. Применение.
33. Магнитные материалы для высоких и сверхвысоких частот. Ферриты. Состав, структура, свойства. Основные группы ферритов по назначению. Методы получения ферритов.
34. Магнитодиэлектрики. Состав, структура, свойства. Применение в электронных средствах.
35. Магнитотвердые материалы, их характеристики и специфические параметры. Применение. Металлические литейные магнитотвердые материалы. Деформируемые магнитотвердые сплавы. Порошковые магнитотвердые материалы. Ферритовые магнитотвердые материалы.
36. Магнитные материалы с прямоугольной петлей гистерезиса. Материалы для магнитной записи информации. Материалы для устройств на ЦМП. Магнитострикционные материалы. Термомагнитные материалы.
37. Определение и классификация полупроводниковых материалов по химическому составу и структуре.
38. Простые одноэлементные полупроводниковые материалы (селен, германий, кремний и др.). Свойства, области применения.
39. Неорганические химические соединения типа $A^{IV}B^{IV}$, $A^{III}B^V$. Свойства и области применения.
40. Неорганические химические соединения типа $A^{II}B^{VI}$. Свойства и применение. Окисные полупроводники и область их применения.
41. Полупроводниковые материалы аморфной структуры. Свойства и области их применения. Органические полупроводники.
42. Определение и классификация диэлектрических материалов по составу, структуре, агрегатному состоянию.
43. Пьезоэлектрики. Спонтанная поляризация. Пиро- и сегнетоэлектрики. Области применения активных диэлектриков.
44. Функции и виды диэлектриков, применяемых в электронных средствах.

45. Стекла. Структура, свойства, классификация.
46. Стеклокристаллические материалы.
47. Керамические диэлектрические материалы.
48. Органические диэлектрические материалы и их применение в электронных средствах.
49. Жидкие кристаллы и их применение.
50. Металлические композиционные наноматериалы
51. Наноструктурированная керамика
52. Углеродные наноматериалы

Самостоятельная работа студентов

Самостоятельная работа студентов включает закрепление теоретического материала, подготовку к выполнению и защите лабораторных работ, решение задач. Основа самостоятельной работы - изучение литературы и работа с конспектом лекций, работа со справочно-информационной литературой.

Вопросы для проведения контроля самостоятельной работы по отдельным разделам дисциплины.

4 семестр

Раздел 1

Химический состав материалов.

Типы химической связи.

Типы кристаллических решеток.

Понятие о полиморфизме.

Структура материалов и анизотропия свойств, текстура.

Влияние дефектов кристаллического строения на электрические и физико-механические свойства материалов.

Раздел 2

Классификация свойств материалов.

Механические свойства материалов.

Оптические свойства материалов.

Электрические свойства материалов.

Магнитные свойства материалов.

Раздел 3

Размерные эффекты в металлических тонких пленках.

Сопротивление проводников на высоких частотах.

Теплоемкость и теплопроводность металлов.

Механические свойства металлов.

Сверхпроводниковые материалы.

Магнитные свойства материалов в переменных магнитных полях.

Зависимость параметров магнитных материалов от температуры.

Основные свойства и параметры полупроводниковых материалов.

Электропроводность диэлектриков.

Пробой диэлектриков.

5 семестр

Раздел 4

1. Фазовые составляющие в сплавах системы железо – углерод.

4. Углеродистые и легированные стали.

5. Стали общего и специального назначения.
6. Стали с особыми свойствами.
7. Сортаменты сталей
8. Применение сталей в конструкциях электронных средств
9. Алюминий и сплавы на его основе (деформируемые и литейные),
10. Медь и сплавы на ее основе (латуни, бронзы, медно-никелевые сплавы).
11. Титан и сплавы на его основе.
12. Сплавы с памятью формы.
13. Магний и сплавы на его основе.
14. Общие свойства пластмасс.
17. Классификация пластмасс по эксплуатационному назначению:
18. Пластмассы для работы при действии механической нагрузки,
19. Пластмассы антифрикционного назначения,
20. Пластмассы тепло- и звукоизоляционного назначения,
21. Пластмассы для получения прозрачных изделий,
22. Пластмассы для работы в агрессивных средах.

Раздел 5

24. Материалы высокой проводимости (медь, алюминий, серебро, золото).
25. Проводниковые сплавы.
26. Применение сверхпроводящих материалов.
27. Состав, основные свойства и применение проводящих паст.
28. Материалы высокого удельного сопротивления для резистивных элементов.
28. Материалы высокой нагревостойкости.
30. Тензорезистивные материалы.
31. Материалы на основе графита.
32. Материалы для тонкопленочных резисторов.

Раздел 6

35. Зависимость свойств магнитных материалов от состава и структуры материала, температуры, давления.
36. Низкочастотные магнитомягкие материалы.
37. Сплавы с прямоугольной петлей гистерезиса.
38. Термомагнитные материалы.
39. Магнитострикционные материалы.
40. Высокочастотные магнитомягкие материалы.
41. Ферриты с прямоугольной петлей гистерезиса.
42. Материалы для устройств на ЦМП.
43. Аморфные магнитные пленки.

Раздел 7

44. Свойства, получение и области применения германия.
45. Свойства, получение и области применения кремния.
46. Свойства, получение и области применения полупроводниковых модификаций углерода.
47. Свойства и области применения неорганические химических соединений типа $A^{II}B^{VI}$.
48. Свойства и области применения неорганические химических соединений типа $A^{III}B^V$.
49. Свойства и области применения неорганические химических соединений типа $A^{IV}B^{IV}$.
50. Окисные полупроводники и области их применения.
51. Органические полупроводники, их свойства и области применения.
52. Свойства и применение аморфных полупроводников.

Раздел 8

53. Поверхностная электропроводность твердых диэлектриков.

54. Влияние различных факторов на электропроводность.
55. Высоко- и низкочастотные диэлектрики.
56. Физико-химические свойства диэлектриков: гигроскопичность, влагопроницаемость, радиационная стойкость, растворимость и др.
57. Теплофизические свойства диэлектриков: нагревостойкость, морозостойкость, теплопроводность, тепловое расширение.
58. Стекла: структура, свойства, классификация.
59. Стеклокристаллические материалы.
60. Керамические диэлектрические материалы.
61. Сегнетокерамика.
61. Пьезокерамика.
62. Краткие сведения о технологии получения и применения органических твердых диэлектриков.
63. Жидкие кристаллы и их применение.

Раздел 9

64. Наноструктуры и наноструктурные материалы.
65. Нанокристаллические и квазикристаллические материалы.
66. Свойства и применение аморфных металлических сплавов.
67. Физические свойства нанокристаллических материалов.
68. Применение наноматериалов в ЭС.

Виды контроля СРС предполагают:

- *текущий* контроль на лекциях, практических и лабораторных занятиях;
- *текущий* контроль, который предполагает учет объема, своевременности и качества выполнения СРС по дисциплине при проведении рейтинг-контроля. Результаты СРС оцениваются в баллах рейтинга, входящих в структуру общей оценки.

В качестве форм контроля СРС могут быть использованы: экспресс-опрос на лекции и практических занятиях; текущий устный выборочный опрос на практических занятиях; индивидуальное собеседование. Формы отчета студента о результатах выполнения самостоятельной работы: конспекты, рефераты, обзоры информации, графическое представление изученного учебного материала.

Реферат

Каждому студенту выдаётся тема для подготовки реферата. Конкретная тема реферата подбирается индивидуально с учётом интересов студента. В задачу студента входит поиск, анализ и систематизация материала по теме.

Объём реферата – 15...20 листов формата А4 (MS WORD, Times New Roman, кегль 14, 1,5 интервала).

Темы рефератов 4 семестр

1. Электрические свойства проводниковых материалов и их зависимость от состава и структуры.
2. Механические свойства материалов и их связь со строением.
3. Теплофизические свойства материалов и учет их при проектировании электронных средств.
4. Оптические свойства и их зависимость от строения материалов.
5. Магнитные свойства и их связь со строением материалов.
6. Влияние на удельное электрическое сопротивление проводников примесей, температуры, деформации, частоты электромагнитного поля.
7. Электропроводность диэлектриков и влияющие факторы.
8. Свойства сверхпроводниковых материалов и перспективы применения в электронных средствах.

5 семестр

1. Материалы в производстве печатных плат.
2. Материалы конструктивных элементов системного блока ПЭВМ.
3. Перспективы применения наноматериалов в электронных средствах.
4. Материалы в производстве жидкокристаллических экранов.
5. Материалы магнитных носителей информации.
6. Материалы металлических покрытий деталей электронных средств.
7. Материалы неметаллических покрытий деталей электронных средств.
8. Композиционные материалы в производстве электронных средств.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

а) основная литература

1. Готтштайн, Г. Физико-химические основы материаловедения [Электронный ресурс] / Г. Готтштайн ; пер. с англ. К.Н. Золотовой, Д.О. Чаркина под ред. В.П. Зломанова. - 2-е изд. (эл.). - М.: БИНОМ, 2014. - 403 с. - ISBN 978-5-9963-1327-3.

Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996313273.html>.

2. Бондаренко, Г.Г. Основы материаловедения [Электронный ресурс]: учебник / Г.Г. Бондаренко, Т.А. Кабанова, В.В. Рыбалко; под ред. Г.Г. Бондаренко. - 2-е изд. (эл.). - М.: БИНОМ, 2015. - 763 с. (Учебник для высшей школы). - ISBN 978-5-9963-2377-7.

Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996323777.html>.

3. Гарифуллин, Ф.А. Материаловедение и технология конструкционных материалов [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие / Ф.А. Гарифуллин, Р.Ш. Аюпов, В.В. Жилияков. - Казань: Издательство КНИТУ, 2013. - 248 с. - ISBN 978-5-7882-1441-2.

Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785788214412.html>.

4. Карпенков, В.Ф. Материаловедение. Технология конструкционных материалов. Кн. 2. [Электронный ресурс] / В.Ф. Карпенков - М.: КолосС, 2013. - с.: ил. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений). - ISBN 5-9532-0208-3.

Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5953202083.html>.

б) дополнительная литература

5. Двоглазов, Г.А. Материаловедение [Электронный ресурс]: учебник / Двоглазов Г.А. - Ростов на Дону: Феникс, 2015. - 445 с. - ISBN 978-5-2222-4320-6.

Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785222243206.html>

6. Бобрышев, А.Н. Полимерные композиционные материалы [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Бобрышев А.Н., Ерофеев В.Т., Козомазов В.Н. - М. : Издательство АСВ, 2013. - 480 с. - ISBN 978-5-93093-980-4.

Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785930939804.html>.

7. Наумов, С.В. Материаловедение. Защита от коррозии [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / С.В. Наумов, А.Я. Самуилов. - Казань : Издательство КНИТУ, 2012. - 84 с. - ISBN 978-5-7882-1280-7.

Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785788212807.html>.

8. Полимерные нанокompозиты [Электронный ресурс] / Под ред. Ю-Винг Май, Жонг-Жен Ю. - М.: Техносфера, 2011. - 688 с. - ISBN 978-5-94836-203-8.

Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785948362038.html>.

9. Галимов, Э.Р. Материалы приборостроения [Электронный ресурс] / Э.Р. Галимов, А.С. Маминов, А.Г. Аблясова и др. Под общ. ред. Э.Р. Галимова, А.С. Маминова. - М.: Колос С, 2010. - 284 с.: ил. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений). - ISBN 978-5-9532-0743-0.

Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785953207430.html>.

10. Рыжонков, Д.И. Наноматериалы [Электронный ресурс] / Д.И. Рыжонков, В.В. Лёвина, Э.Л. Дзидзигури. - 4-е изд. (эл.). - М.: БИНОМ, 2014. - 368 с. (Нанотехнологии). - ISBN

978-5-9963-2531-3.

Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996325313.html>.

11. Солнцев, Ю.П. Материаловедение. Применение и выбор материалов [Электронный ресурс]: Учебное пособие / Солнцев Ю.П., Борзенко Е.И., Вологжанина С.А. - СПб: ХИМ-ИЗДАТ, 2007. - 200 с.: ил. - ISBN 978-5-93808-140-6.

Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785938081406.html>.

12. Стародубцев, Ю.Н. Магнитомягкие материалы [Электронный ресурс]: Энциклопедический словарь-справочник / Стародубцев Ю.Н. - М. : Техносфера, 2011. - 664 с - ISBN 978-5-94836-259-5.

Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785948362595.html>.

13. Фролова, Т. Н. Методические указания к практическим занятиям по дисциплине "Материаловедение и материалы электронных средств" / Т. Н. Фролова — Владимир : Владимирский государственный университет (ВлГУ), 2009 .— 48 с. : ил., табл. — Библиогр.: с. 48.

Режим доступа: <http://e.lib.vlsu.ru/bitstream/123456789/1400/3/00943.pdf>.

в) периодические издания

17. Журнал «Металлы » (Библиотека ВлГУ).

18. Журнал «Перспективные материалы » (Библиотека ВлГУ).

19. Журнал «Пластические массы » (Библиотека ВлГУ).

20. Журнал «Стекло и керамика » (Библиотека ВлГУ).

21. Журнал «Цветные металлы » (Библиотека ВлГУ).

г) интернет - ресурсы

22. <http://www.studentlibrary.ru/>.

19. <http://elibrary.ru/>.

20. <http://www.liveinternet.ru/>.

21. <http://www.100books.ru/>.

22. <http://window.edu.ru/>.

23. <https://ru.wikipedia.org/>.

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Занятия проводятся в аудиториях 331-3, оборудованных техническими средствами для использования мультимедиа технологий (видеоматериалы, слайды); в аудитории 324-3, оборудованной компьютерной техникой и средствами для использования мультимедиа технологий. В процессе подготовки к занятиям студенты имеют возможность работать в Интернете, пользуясь ресурсами компьютерного класса кафедры (а.330-3).

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 11.03.03 "Конструирование и технология электронных средств"

Рабочую программу составил доцент Фролова Т.Н. Фролова

Рецензент

зам. главного инженера по подготовке
производства – главный технолог ОАО

"Владимирский завод Электроприбор" Зайцев М.К. Зайцев

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры БЭСТ _____

Протокол № 4 от 10.12 2015 года

Заведующий кафедрой Сушкова Л.Т. Сушкова

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления 11.03.03 "Конструирование и технология электронных средств"

Протокол № 4 от 10.12 2015 года

Председатель комиссии Сушкова Л. Т. Сушкова

ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год

Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год

Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год

Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____

ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

Рабочая программа одобрена на 2016 / 17 учебный год.

Протокол заседания кафедры № 1 от 31.08.16 года.

Заведующий кафедрой _____

Л. П. Сушкова

Рабочая программа одобрена на 2017 / 18 учебный год.

Протокол заседания кафедры № 1 от 31.08.17 года.

Заведующий кафедрой _____

Л. П. Сушкова

Рабочая программа одобрена на 2018 / 19 учебный год.

Протокол заседания кафедры № 1 от 30.08.18 года.

Заведующий кафедрой _____

Л. П. Сушкова

Рабочая программа одобрена на 2019 / 20 учебный год.

Протокол заседания кафедры № 1 от 30.08.19 года.

Заведующий кафедрой _____

Л. П. Сушкова

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год.

Протокол заседания кафедры № __ от _____ года.

Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год.

Протокол заседания кафедры № __ от _____ года.

Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год.

Протокол заседания кафедры № __ от _____ года.

Заведующий кафедрой _____