

# МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учебно-методическое объединение по образованию  
в области информатики и радиоэлектроники

## УТВЕРЖДАЮ

Первый заместитель Министра образования  
Республики Беларусь

\_\_\_\_\_ И.А. Старовойтова

\_\_\_\_\_

Регистрационный № ТД-\_\_\_\_\_/тип.

## МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Типовая учебная программа по учебной дисциплине  
для специальностей:

**1-36 04 01 Программно-управляемые электронно-оптические системы**

**1-39 02 02 Проектирование и производство программно-управляемых  
электронных средств**

### СОГЛАСОВАНО

Начальник Управления  
электроники и приборостроения,  
электротехнической и оптико-  
механической промышленности  
Министерства промышленности  
Республики Беларусь  
\_\_\_\_\_ А.С. Турцевич

### СОГЛАСОВАНО

Председатель Учебно-методического  
объединения по образованию в  
области информатики и  
радиоэлектроники  
\_\_\_\_\_ В.А. Богуш

### СОГЛАСОВАНО

Начальник Главного управления  
профессионального образования  
Министерства образования  
Республики Беларусь  
\_\_\_\_\_ С.А. Касперович

### СОГЛАСОВАНО

Проректор по научно-методической  
работе Государственного учреждения  
образования «Республиканский  
институт высшей школы»  
\_\_\_\_\_ И.В. Титович

Эксперт-нормоконтролер  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Минск 2022

**СОСТАВИТЕЛИ:**

Г.М. Шахлевич, доцент кафедры электронной техники и технологии учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», кандидат физико-математических наук, доцент

**РЕЦЕНЗЕНТЫ:**

Кафедра технологии металлов учреждения образования «Белорусский государственный аграрно-технический университет» (протокол № 4 от 18.10.2021 г.);  
Н.А. Поклонский, профессор кафедры физики полупроводников и наноэлектроники Белорусского государственного университета, доктор физико-математических наук, профессор.

**РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ В КАЧЕСТВЕ ТИПОВОЙ:**

Кафедрой электронной техники и технологии учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» (протокол № 4 от 18.10.2021 г.);

Научно-методическим советом учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» (протокол № 3 от 17.12.2021 г.);

Научно-методическим советом по электронным системам и технологиям Учебно-методического объединения по образованию в области информатики и радиоэлектроники (протокол № 2 от 25.10.2021 г.).

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

### ХАРАКТЕРИСТИКА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Типовая учебная программа по учебной дисциплине «Материаловедение» разработана для студентов учреждений высшего образования, обучающихся по специальностям 1-36 04 01 «Программно-управляемые электронно-оптические системы» и 1-39 02 02 «Проектирование и производство программно-управляемых электронных средств» в соответствии с требованиями образовательных стандартов высшего образования I ступени и типовых учебных планов вышеуказанных специальностей.

Материалы являются предметами труда, которые в процессе обработки или переработки превращаются в продукты труда (предметы потребления и средства производства). Материаловедение – наука, изучающая связь между структурой и свойствами материалов, а также их изменения при внешних воздействиях, базируется на достижениях современных естественных наук и математики. Теоретическое материаловедение изучает общие закономерности строения материалов и процессы, происходящие в них при внешних воздействиях, а прикладное – использует эти закономерности при разработке новых материалов с требуемыми свойствами и эффективных технологий их обработки. Инженер, не владеющий знаниями в области теоретических основ материаловедения, номенклатуры и свойств современных материалов, не сможет заниматься проектированием новых изделий, разработкой технологии их изготовления, производственной и научно-исследовательской деятельностью.

В рамках образовательного процесса по учебной дисциплине «Материаловедение» студент должен приобрести не только теоретические и практические знания, умения и навыки по специальности, но и развить свой ценностно-личностный, духовный потенциал, сформировать качества патриота и гражданина, готового к активному участию в экономической, производственной, социально-культурной и общественной жизни страны.

### ЦЕЛЬ, ЗАДАЧИ, РОЛЬ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель учебной дисциплины: овладение научным подходом к выбору и использованию материалов при проектировании и изготовлении электронных систем, знаниями физико-химических основ современного материаловедения, функциональных, технологических и потребительских свойств материалов электронной техники и конструкционных материалов, а также принципов выбора материалов для конкретного применения, исходя из соответствия их свойств условиям изготовления, эксплуатации и требованиям экономичности.

Задачи учебной дисциплины:

приобретение знаний о современных материалах электронной техники и конструкционных материалах, физико-химических основах материаловедения (кристаллизация и рекристаллизация, теория сплавов, физико-химические ос-

новы термической и химико-термической обработки и т.д.), механических, электрических, магнитных, тепловых и технологических характеристиках материалов;

освоение навыков рационального выбора и использования материалов в изделиях электронной техники;

изучение принципов управления свойствами материалов на основе целенаправленного изменения их состава и структуры;

овладение методами исследования основных функциональных и технологических свойств материалов электронной техники.

Базовыми учебными дисциплинами по курсу «Материаловедение» являются «Химия», «Физика», «Линейная алгебра и аналитическая геометрия», «Математический анализ». В свою очередь учебная дисциплина «Материаловедение» является базой для таких учебных дисциплин, как «Электронные приборы» (учебная дисциплина компонента учреждения высшего образования), «Прикладная механика» (учебная дисциплина компонента учреждения высшего образования), «Проектирование и производство изделий интегральной электроники», «Проектирование электронно-оптических систем» (учебная дисциплина компонента учреждения высшего образования), «Технология электронно-оптических систем» (учебная дисциплина компонента учреждения высшего образования).

### ТРЕБОВАНИЯ К УРОВНЮ ОСВОЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате изучения учебной дисциплины «Материаловедение» формируются следующие компетенции

*базовые профессиональные:*

осуществлять выбор материалов при производстве электроники с учетом их физико-химических свойств;

*для специальности 1-39 02 02 «Проектирование и производство программно-управляемых электронных средств» также:*

анализировать вещества, их свойства, строение и превращения, происходящие в результате химических реакций, рассчитывать результаты химических реакций в соответствии с законами химии;

применять основные понятия и законы физики для изучения физических явлений и процессов.

В результате изучения учебной дисциплины студент должен:

*знать:*

основные группы конструкционных и радиотехнических материалов (металлы и сплавы, проводниковые, диэлектрические, полупроводниковые, магнитные, оптические и др. материалы);

физико-химические, технологические и потребительские свойства материалов, их классификацию, назначение, принципы выбора;

особенности свойств и применения материалов специального назначения или имеющих особые физико-химические характеристики;

*уметь:*

рационально выбирать и использовать материалы в изделиях электронной техники;

управлять свойствами материалов на основе целенаправленного изменения их состава и структуры;

*владеть:*

методами исследования основных функциональных и технологических свойств материалов электронной техники;

навыками расчетов механических, электрических и магнитных характеристик материалов.

Программа рассчитана на 212 учебных часов, из них – 96 аудиторных.

Примерное распределение аудиторных часов по видам занятий: лекций – 48 часов, лабораторных занятий – 16 часов, практических занятий – 32 часа.

## ПРИМЕРНЫЙ ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

Наименование раздела, темы	Всего аудиторных	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия
<b>Раздел 1. Основы физико-химического материаловедения</b>	<b>28</b>	<b>12</b>	<b>4</b>	<b>12</b>
Тема 1. Химическая связь. Строение твердых тел	6	2	-	4
Тема 2. Механические свойства материалов	6	2	4	-
Тема 3. Электрические свойства материалов	6	2	-	4
Тема 4. Тепловые и триботехнические свойства, коррозионная стойкость материалов	2	2	-	-
Тема 5. Магнитные свойства материалов	4	2	-	2
Тема 6. Методы исследования состава, структуры и основных физических свойств материалов	4	2	-	2
<b>Раздел 2. Основы теории сплавов, кристаллизация и рекристаллизация материалов</b>	<b>16</b>	<b>8</b>	<b>-</b>	<b>8</b>
Тема 7. Строение сплавов. Диаграммы состояния	6	2	-	4
Тема 8. Кристаллизация металлов и сплавов	4	2	-	2
Тема 9. Пластическая деформация и деформационное упрочнение, рекристаллизация металлов и сплавов	2	2	-	-
Тема 10. Диаграмма состояния железо-углерод	4	2	-	2
<b>Раздел 3. Конструкционные материалы</b>	<b>16</b>	<b>12</b>	<b>-</b>	<b>4</b>
Тема 11. Сплавы на основе железа. Стали и чугуны	2	2	-	-
Тема 12. Термическая, термомеханическая и химико-термическая обработка материалов	8	4	-	4
Тема 13. Классификация и основные группы сталей и чугунов	2	2	-	-
Тема 14. Конструкционные материалы на основе цветных металлов	2	2	-	-

Наименование раздела, темы	Всего аудиторных	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия
Тема 15. Неметаллические конструкционные материалы и композиты	2	2	-	-
<b>Раздел 4. Материалы электронной техники</b>	<b>36</b>	<b>16</b>	<b>12</b>	<b>8</b>
Тема 16. Проводниковые и резистивные материалы. Припой и флюсы	8	4	4	-
Тема 17. Полупроводниковые материалы	14	6	4	4
Тема 18. Диэлектрические материалы	4	2	-	2
Тема 19. Магнитные материалы	6	2	4	-
Тема 20. Материалы оптических и оптоэлектронных устройств	4	2	-	2
<b>Итого:</b>	<b>96</b>	<b>48</b>	<b>16</b>	<b>32</b>

## СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

### Раздел 1. ОСНОВЫ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ

#### Тема 1. ХИМИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ. СТРОЕНИЕ ТВЕРДЫХ ТЕЛ

Предмет и содержание учебной дисциплины. Материаловедение как наука. Специфические требования к материалам электронной техники.

Атомное строение элементов. Типы и природа химической связи: ионная, металлическая, ковалентная, водородная, Ван-дер-Ваальсова. Химическая связь и свойства вещества.

Агрегатные состояния и строение твердых тел. Свойства кристаллов. Кристаллическая решетка, ее параметры и характеристики, типы решеток. Поли- и изоморфизм. Дефекты кристаллического строения: классификация, характеристики, влияние на свойства материалов. Строение реальных материалов (моно- и поликристаллы). Понятие микроструктуры.

Аморфное и стеклообразное состояние твердых тел.

Функциональные, технологические и потребительские свойства материалов. Критерии выбора материалов для конкретного применения.

#### Тема 2. МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МАТЕРИАЛОВ

Механические свойства в условиях статического, динамического и циклического нагружения. Диаграмма растяжения. Прочностные и пластические свойства материалов. Твердость по Бринелю, Роквеллу и Виккерсу. Ударная вязкость. Сопротивляемость циклическому нагружению.

Дефекты кристаллического строения и механические свойства. Усталость металлов и сплавов. Деформация ползучести и длительная прочность. Механические свойства при повышенных и пониженных температурах. Методы определения механических свойств.

#### Тема 3. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МАТЕРИАЛОВ

Энергетическая зонная структура. Проводники, полупроводники и диэлектрики. Механизмы рассеяния носителей заряда. Влияние внешних воздействий, состава и структуры на электрические свойства. Скин-эффект. Сверхпроводимость. Особенности электрических свойств тонких пленок, размерные эффекты.

#### Тема 4. ТЕПЛОВЫЕ И ТРИБОТЕХНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА, КОРРОЗИОННАЯ СТОЙКОСТЬ МАТЕРИАЛОВ

Устойчивость материалов к воздействию повышенных и пониженных температур (теплостойкость, жаропрочность и др.). Теплоемкость, тепло- и температуропроводность, хладоломкость и др. Тепловое расширение.

Триботехнические характеристики материалов (прирабатываемость, износостойкость, коэффициент трения).

Коррозионностойкость как основная химическая характеристика материалов. Виды и механизмы коррозии, защита от коррозии.



## Тема 5. МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА МАТЕРИАЛОВ

Природа магнетизма. Диамагнетики, парамагнетики, ферро- и ферримагнетики. Зависимость магнитных свойств от состава, структуры и внешних воздействий. Поведение в переменных магнитных полях, петля гистерезиса, параметры ферро- и ферримагнетиков. Классификация магнитных материалов. Особенности магнитных свойств ферримагнетиков.

## Тема 6. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ СОСТАВА, СТРУКТУРЫ И ОСНОВНЫХ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ

Классификация и возможности методов исследования структуры и состава твердых тел. Оптическая и электронная микроскопия, дифракционные методы, оптическая, электронная и рентгеновская спектрометрия.

Методы исследования электрофизических свойств проводниковых, диэлектрических и полупроводниковых материалов. Дифференциальный термический анализ и калориметрические методы определения тепловых свойств. Определение функциональных характеристик магнитных материалов.

## Раздел 2. ОСНОВЫ ТЕОРИИ СПЛАВОВ, КРИСТАЛЛИЗАЦИЯ И РЕКРИСТАЛЛИЗАЦИЯ МАТЕРИАЛОВ

### Тема 7. СТРОЕНИЕ СПЛАВОВ. ДИАГРАММЫ СОСТОЯНИЯ

Термодинамическая система и ее параметры: температура, давление, компонент-составляющие. Типы фаз сплавов: твердые растворы, химические соединения, механические смеси и др.

Диаграммы состояния двойных сплавов, физический смысл точек, линий и областей. Основные типы диаграмм состояния: с неограниченной и ограниченной растворимостью, образованием соединений, эвтектическим, перитектическим и эвтектоидным превращениями, полиморфным превращением, механической смеси компонентов. Правило фаз Гиббса, правило отрезков (рычага).

Связь между строением сплава и его свойствами. Понятие о диаграммах состояния тройных сплавов.

### Тема 8. КРИСТАЛЛИЗАЦИЯ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

Сущность процесса кристаллизации и его характеристики: температура, степень переохлаждения, скорость. Зарождение и рост кристаллов, критический размер зародыша. Структура сплава в зависимости от условий кристаллизации. Гомо- и гетерогенная кристаллизация. Дендритный рост. Вторичная кристаллизация металлов и ее механизмы.

Неравновесная кристаллизация. Ликвации.

### Тема 9. ПЛАСТИЧЕСКАЯ ДЕФОРМАЦИЯ И ДЕФОРМАЦИОННОЕ УПРОЧНЕНИЕ, РЕКРИСТАЛЛИЗАЦИЯ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

Упругая и пластическая деформация. Механизмы пластической деформации. Изменение структуры и свойств поликристаллических материалов в процессе пластической деформации. Наклеп. Роль дислокаций в процессах пласти-

ческой деформации. Механизм упрочнения металлов. Влияние температуры и выдержки на строение и свойства пластически деформированных материалов. Возврат (отдых), полигонизация, рекристаллизация. Влияние примесей и внешних условий на процесс рекристаллизации.

Хрупкое и вязкое разрушение металлов и сплавов.

#### Тема 10. ДИАГРАММА СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗО-УГЛЕРОД

Полиморфизм и свойства железа. Диаграмма состояния сплавов системы железо-углерод. Формы существования углерода в сплавах, фазы, критические точки, фазовые превращения и реакции в системе. Управление свойствами сплавов системы железо-углерод путем изменения их структуры и состава. Стали и чугуны. Определение фазового и структурного состава сталей и чугунов. Особенности равновесной диаграммы Fe-C.

### Раздел 3. КОНСТРУКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

#### Тема 11. СПЛАВЫ НА ОСНОВЕ ЖЕЛЕЗА. СТАЛИ И ЧУГУНЫ

Физико-химические свойства углеродистых сталей. Влияние углерода, технологических и вредных примесей (газов, серы, фосфора) на их строение и свойства. Раскисление сталей. Основы термической и химико-термической обработки. Влияние легирующих элементов на структуру и свойства. Области применения легированных сталей.

Структура, свойства и классификация чугунов.

#### Тема 12. ТЕРМИЧЕСКАЯ, ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКАЯ И ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ

Сущность, назначение и основные виды термической обработки (ТО).

Изменение структуры и свойств при ТО сплавов без фазовых и полиморфных превращений (система Al-Cu). Режимы отжига, закалки, отпуска, естественного и искусственного старения.

ТО сплавов с полиморфными превращениями (система Fe-C). Основные фазовые превращения в сталях при ТО.

Закалка: превращения при непрерывном и изотермическом охлаждении, критическая скорость охлаждения. Мартенситное и бейнитное превращения. Полная и неполная закалка, прокаливаемость и закаливаемость стали. Влияние нагрева на структуру и свойства закаленной стали: отпуск, нормализация и др. Термомеханическая обработка.

Химико-термическая обработка (ХТО): назначение, физико-химические основы. Классификация видов ХТО и их краткая характеристика.

#### Тема 13. КЛАССИФИКАЦИЯ И ОСНОВНЫЕ ГРУППЫ СТАЛЕЙ И ЧУГУНОВ

Углеродистые и легированные стали, классификация и маркировка, виды и области применения. Конструкционные стали: хромистые, хромомарганцевые, хромоникелевые и др. с высокими механическими свойствами. Стали улучшаемые и подвергаемые химико-термической обработке.

Специальные стали для упругих элементов, шарикоподшипниковые, износостойкие и коррозионностойкие, жаростойкие и жаропрочные, криогенные и др. Инструментальные стали и твердые сплавы.

Чугуны: серые, белые, ковкие, легированные и др. Структура, свойства, классификация, применение.

#### Тема 14. КОНСТРУКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ

Сплавы на основе алюминия, свойства, классификация, применение. Деформируемые алюминиевые сплавы, дисперсионное твердение, методы управления структурой и свойствами. Литейные алюминиевые сплавы (силумины) и сплавы с особыми свойствами.

Сплавы на основе меди: физико-химические свойства, классификация, применение. Деформируемые сплавы (латуни), литейные сплавы меди (бронзы): оловянистые, алюминиевые, кремниевые и др.

Сплавы титана, магния и бериллия: влияние легирующих элементов и ТО на структуру и свойства, маркировка, применение.

#### Тема 15. НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ КОНСТРУКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ И КОМПОЗИТЫ

Классификация, основные свойства и области применения неметаллических конструкционных материалов.

Пластмассы: классификация и основные физико-химические свойства. Термо- и реактопласты. Однокомпонентные пластмассы: неполярные, полярные, синтетические смолы и др. Многокомпонентные (композиционные) пластмассы, слоистые пластики, эластомеры, газонаполненные пластмассы. Влияние внешних воздействий на эксплуатационные свойства пластмасс.

Неорганические конструкционные материалы: классификация, основные свойства, применение. Керамика: установочная, огнеупорная, теплоизоляционная, металлокерамические узлы и вакуумные вводы. Стекломатериалы.

Классификация, свойства и основные группы порошковых материалов (железо- и бронзо-графиты, сплавы на основе никеля, титана и алюминия, для постоянных магнитов, псевдосплавы W-Cu, Ag-W и др.)

Композиты на металлической, керамической и полимерной матрице с волокнистым упрочнителем и дисперсно-упрочненные материалы.

### Раздел 4. МАТЕРИАЛЫ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ

#### Тема 16. ПРОВОДНИКОВЫЕ И РЕЗИСТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ. ПРИПОИ И ФЛЮСЫ

Классификация проводниковых материалов. Зависимость электрофизических свойств от состава, структуры и внешних воздействий.

Материалы высокой проводимости и благородные металлы (Cu, Al, Ag, Au, Pt и др.). Тугоплавкие металлы и сплавы.

Резистивные материалы, сплавы для нагревательных элементов (нихром, фехраль и др.) и термопар. Припой и флюсы.

Проводниковые и конструкционные материалы с особыми физико-химическими свойствами (постоянным ТКЛР, эффектом памяти формы, криогенные, электровакуумные и др.)

### Тема 17. ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Основные физико-химические свойства, методы получения, классификация и применение полупроводников.

Элементарные полупроводники и структуры на их основе (кремний, германий, эпитаксиальные структуры Si): свойства, получение, выращивание монокристаллов, маркировка.

Полупроводниковые соединения:  $A^3B^5$  (GaAs, GaP, InSb, GaN и др.),  $A^2B^6$  (CdS, ZnSe, CdTe и др.),  $A^4B^4$  (SiC и др.) и твердые растворы на их основе: свойства, технология применения.

Поликристаллические, аморфные и органические полупроводники.

### Тема 18. ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

Основные электрофизические свойства диэлектриков (поляризация, электропроводность, диэлектрические потери, пробой).

Классификация диэлектрических материалов. Диэлектрические газы и жидкости, полимеры и пластмассы, компаунды и лаки, слоистые пластики, стекла и ситаллы, монокристаллические и керамические диэлектрики, материалы подложек, сегнето- и пьезоэлектрики, материалы звукопроводов, электреты и др.: свойства, методы формирования, маркировка и применение.

### Тема 19. МАГНИТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Классификация и основные функциональные и эксплуатационные свойства ферро- и ферромагнетиков.

Магнитномягкие материалы (железо, электротехнические стали, пермаллои, магнитномягкие ферриты, магнитодиэлектрики и др.).

Магнитотвердые материалы (высококоэрцитивные стали и сплавы, порошковые магниты и ферриты, сплавы РЗМ-металлов и др.).

Магнитные материалы специализированного назначения (с ППГ, магнитострикционные, СВЧ-диапазона, носители ЦМД и др.)

### Тема 20. МАТЕРИАЛЫ ОПТИЧЕСКИХ И ОПТОЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ

Классификация и основные свойства оптических материалов. Оптические и лазерные стекла, материалы волоконно-оптических систем, твердотельных лазеров, фотонных кристаллов. Полупроводниковые гетероструктуры для источников и приемников излучения оптоэлектронных устройств. Материалы фотовольтаических систем солнечной энергетики. Жидкокристаллические материалы. Материалы оптических покрытий и передающих сред.

**ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ****ЛИТЕРАТУРА****ОСНОВНАЯ**

1. Жарский, И. М. Материаловедение : учеб. пособие / И. М. Жарский [и др.]. – Минск : Вышэйшая школа, 2015. – 557 с.
2. Сорокин, В. С. Материалы и элементы электронной техники : учебник для вузов : в 2 т. / В. С. Сорокин, Б. Л. Антипов, Н. П. Лазарева. – СПб. : Лань, 2015. – Т. 1 : Проводники, полупроводники, диэлектрики. – 448 с.
3. Сорокин, В. С. Материалы и элементы электронной техники : учебник для вузов : в 2 т. / В. С. Сорокин, Б. Л. Антипов, Н. П. Лазарева. – СПб. : Лань, 2015. – Т. 2 : Активные диэлектрики, магнитные материалы, элементы электронной техники. – 384 с.
4. Материаловедение в машиностроении и промышленных технологиях / В. А. Струк, Л. С. Пинчук, В. А. Гольдаде, Н. К. Мышкин, П. А. Витязь. – Долгопрудный : ИД «Интеллект», 2010. – 536 с.
5. Гопштайн, Г. Физико-химические основы материаловедения / Г. Гопштайн. – М. : Бином, 2009. – 500 с.
6. Антипов, Б. Л. Материалы электронной техники : Задачи и вопросы / Б. Л. Антипов, В. С. Сорокин, В. А. Терехов. – М. : Лань, 2007. – 208 с.

**ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ**

7. Марков, В. Ф. Материалы современной электроники : учеб. пособие / В. Ф. Марков, Х. Н. Мухамедянов, Л. Н. Маскаева. – Екатеринбург : Изд. Урал. Ун-та, 2014. – 272 с.
8. Арзамасов, Б. Н. Материаловедение : учебник для вузов / Б. Н. Арзамасов, В. И. Макарова. – М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2009. – 648 с.
9. Машиностроение : энциклопедия : в 40 т. / под ред. И. Н. Фридляндера. – М. : Машиностроение, 1994 – 2006. – Т. 2 – 3 Цветные металлы и сплавы. Композиционные материалы. – 2001. – 880 с.
10. Полмеар, Я. Легкие сплавы : от традиционных до нанокристаллов / Я. Полмеар. – М. : Техносфера, 2008. – 464 с.
11. Суворов, Э. В. Материаловедение: методы исследования структуры и состава материалов / Э. В. Суворов. – М. : Юрайт, 2019. – 180 с.
12. Уорден, К. Новые интеллектуальные материалы. Свойства и применение / К. Уорден. – М. : Техносфера, 2006. – 224 с.
13. Полимерные композиционные материалы : структура, свойства, технология / М. Кербер и др. – М. : Профессия, 2008. – 560 с.
14. Стародубцев, Ю. Н. Магнитные материалы. Энциклопедический словарь-справочник / Ю. Н. Стародубцев. – М. : Техносфера, 2011. – 664 с.
15. Каллистер, У. Д. Материаловедение: от технологии к применению. Металлы, керамики, полимеры / У. Д. Каллистер. – СПб. : Профессия, 2011. – 900 с.

## МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ И ВЫПОЛНЕНИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

При изучении учебной дисциплины рекомендуется использовать следующие формы самостоятельной работы:

работа с учебной, справочной, аналитической и другой литературой и материалами;

подготовка устных сообщений;

подготовка тематических докладов;

подготовка тематических рефератов и презентаций.

### ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДУЕМЫХ СРЕДСТВ ДИАГНОСТИКИ КОМПЕТЕНЦИЙ СТУДЕНТА

Типовыми учебными планами по специальностям 1-36 04 01 «Программно-управляемые электронно-оптические системы» и 1-39 02 02 «Проектирование и производство программно-управляемых электронных средств» в качестве формы текущей аттестации по учебной дисциплине «Материаловедение» рекомендуется зачет и экзамен.

Оценка учебных достижений студента производится по системе «зачтено/не зачтено» и десятибалльной шкале.

Для промежуточного контроля по учебной дисциплине и диагностики компетенций студентов используются следующие формы:

коллоквиумы;

контрольные опросы;

стандартизированные тесты;

оценивание на основе модульно-рейтинговой системы.

### РЕКОМЕНДУЕМЫЕ МЕТОДЫ (ТЕХНОЛОГИИ) ОБУЧЕНИЯ

Основные рекомендуемые методы (технологии) обучения, отвечающие целям и задачам учебной дисциплины:

интерактивные технологии, реализуемые на лекционных и практических занятиях;

исследовательский метод, используемый преимущественно во время самостоятельной работы.

### ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

1. Исследование механических свойств конструкционных материалов в условиях статического и динамического нагружения.

2. Исследование влияния легирования на электрофизические характеристики полупроводниковых материалов.

3. Исследование характеристик магнитномягких материалов и структур с цилиндрическими магнитными доменами.

4. Исследование электрофизических свойств пассивных и активных диэлектриков.

#### ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

1. Типы химических связей и строение твердых тел.
2. Расчет параметров элементарной ячейки по результатам рентгеноструктурного анализа.
3. Анализ диаграмм состояния двойных сплавов.
4. Изучение превращений в сплавах системы железо-углерод.
5. Выбор вида и режимов термообработки сплавов с полиморфными (система Fe – C) и без полиморфных превращений (Al – Cu).
6. Расчет основных электрофизических характеристик проводниковых материалов.
7. Расчет основных электрофизических характеристик полупроводников на основе данных физического эксперимента.
8. Расчет основных электрофизических характеристик активных и пассивных диэлектриков.
9. Определение функциональных свойств магнитномягких и магнитотвердых материалов.
10. Выбор вида и назначение режимов химико-термической обработки конструкционных материалов на основе железа и цветных металлов.

#### ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ КОМПЬЮТЕРНЫХ ПРОГРАММ (необходимого оборудования, наглядных пособий и т. п.)

1. Образцы конструкционных и радиотехнических материалов, презентации и телевизионные заставки к лекциям.
2. Плакаты, периодическая система элементов.
3. Методические указания к лабораторным работам.
4. Методические материалы к проведению практических занятий.
5. Лабораторные макеты и оборудование для лабораторного практикума.